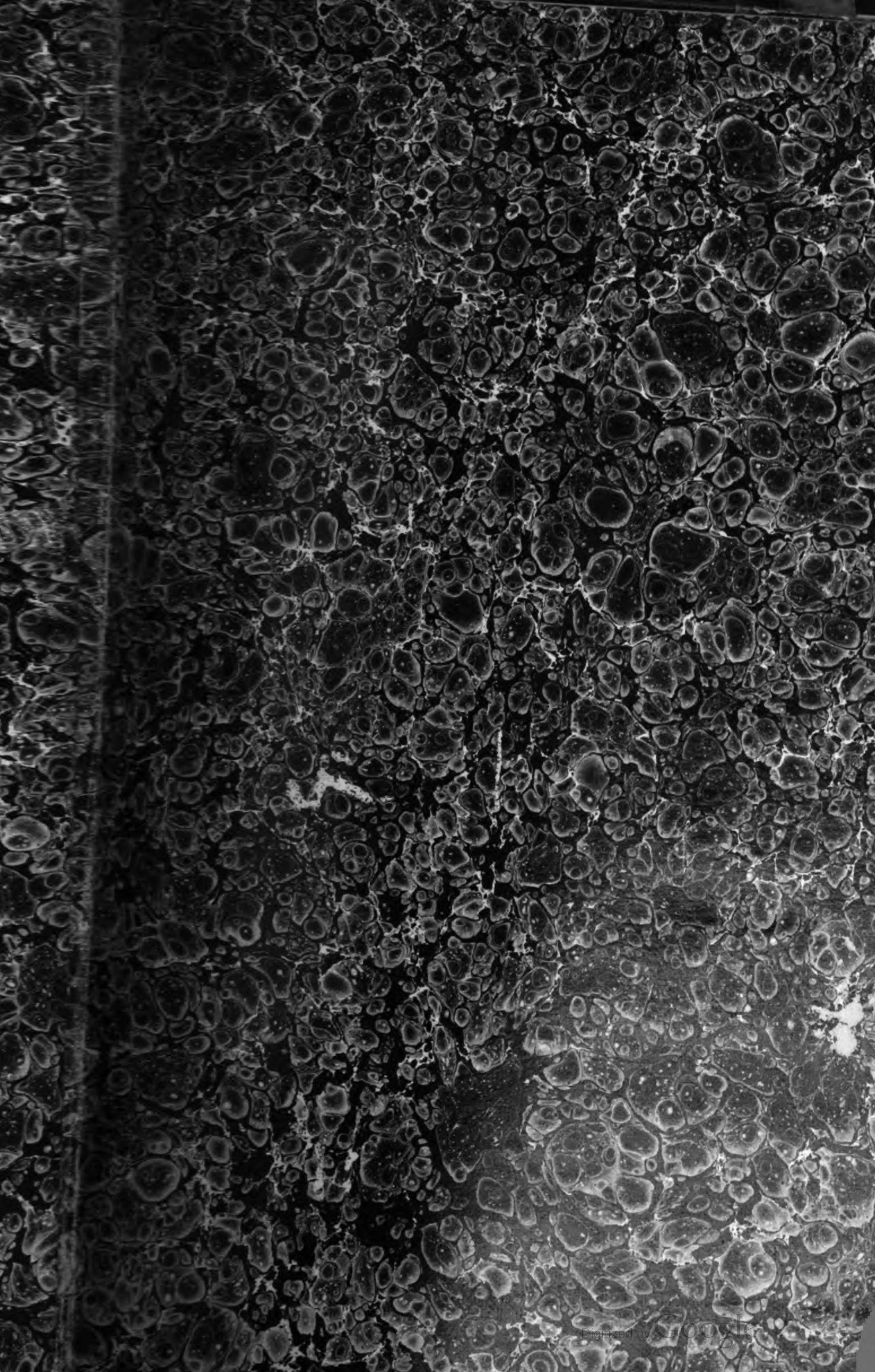




ARCHIVES

DES

SCIENCES PHYSIQUES ET NATURELLES

GENÈVE. — IMPRIMERIE DE JULES-GUILLAUME FICK.

BIBLIOTHÈQUE UNIVERSELLE

ET

REVUE SUISSE

ARCHIVES

DES

SCIENCES PHYSIQUES ET NATURELLES

NOUVELLE PÉRIODE

TOME VINGT-DEUXIÈME



GENÈVE

BUREAU DE LA BIBLIOTHÈQUE UNIVERSELLE

4, rue de l'Hôtel-de-Ville

LAUSANNE — DELAFONTAINE & ROUGE

NEUCHATEL — DELACHAUX & SANDOZ

1865

SUR LA DENSITÉ ANOMALE
DE LA VAPEUR DU SEL AMMONIAC

PAR

M. KARL THAN.

CONSIDÉRATIONS THÉORIQUES A L'OCCASION DE CE MÉMOIRE.[1]

Parmi les questions de chimie théorique qui ont soulevé dans ces dernières années de fréquentes discussions, l'une des plus intéressantes est celle qui est relative au volume qu'occupent à l'état de gaz les molécules des corps composés.

Longtemps on n'a connu d'autre loi sur ce sujet que celle de Gay-Lussac, d'après laquelle il existe toujours un rapport simple entre ce volume et celui des éléments qui entrent dans le composé. MM. Laurent et Gerhardt énoncèrent les premiers une loi infiniment plus simple et plus précise, en disant que les molécules de tous les corps composés occupent le même volume. Si l'on prend pour unité le volume occupé par un atome simple, d'oxygène ou d'hydrogène par exemple, la molécule d'un corps composé quelconque occupera quatre volumes, si l'on fait usage des anciennes formules qui sont encore usitées dans la plupart des traités élémentaires de chimie, ou deux volumes si l'on adopte le système de formules que proposait alors Gerhardt et qui est suivi maintenant par un grand nombre de chimistes.

[1] Cet article était déjà sous presse, lorsque M. H. Deville a publié un nouveau travail sur ce sujet (*C. rend. de l'Ac. des Sc.* 26 déc. 1864); nous en rendrons compte prochainement. (*Réd.*)

A l'époque où ces savants exposèrent cette théorie, elle a pu paraître bien hasardée, car elle semblait bien loin d'être vérifiée pour un très-grand nombre de composés. Mais elle a fait peu-à-peu son chemin, et les nombreux travaux qu'elle a suscités, soit de la part de MM. Laurent et Gerhardt, soit de la part de leurs successeurs, ont fait disparaître la plus grande partie des exceptions qui semblaient alors trop nombreuses pour permettre l'adoption de ce principe, en même temps qu'ils ont apporté d'importantes modifications dans les théories relatives à la constitution d'un grand nombre de composés chimiques.

Il y a cependant un certain nombre de corps, bien petit, il est vrai, en comparaison du nombre immense de ceux qui obéissent à cette loi, qui y échappent absolument, et parmi eux des corps tels que le chlorhydrate d'ammoniaque et plusieurs autres sels ammoniacaux, l'acide sulfurique hydraté, le perchlorure de phosphore, etc., dont la constitution chimique ne peut être mise en doute. M. H. Kopp a le premier fait remarquer que tous les composés, qui offrent cette anomalie, présentent un caractère commun, savoir que le volume occupé par leur vapeur est précisément égal à la somme des volumes des éléments qui les composent, en sorte que l'anomalie serait explicable pour tous si l'on suppose que ces corps sont décomposés à la température assez élevée à laquelle on détermine la densité de leur vapeur. Cette hypothèse, admise avec empressement par les chimistes partisans des idées de Laurent et Gerhardt, a trouvé un appui important dans les belles expériences de M. H. Deville sur la décomposition par la chaleur de l'eau et d'autres corps considérés comme des plus stables, et sur ce genre par-

ticulier de décomposition pour lequel il a créé le terme de dissociation, dans lequel les éléments d'un composé se séparent sous l'influence d'une température élevée, mais rentrent en combinaison aussitôt que la température s'abaisse au-dessous d'une certaine limite.

Le rétablissement, par suite du refroidissement, du composé dissocié par une forte chaleur, rend très-difficile la preuve expérimentale de ces décompositions. Cependant MM. Pebal, Wanklyn et Robinson paraissent avoir bien établi, en utilisant les phénomènes de diffusion, la réalité de la décomposition du sel ammoniac, du perchlorure de phosphore et de l'acide sulfurique hydraté, aux températures nécessaires pour volatiliser ces corps.

Bien que M. H. Deville ait fourni, par ses expériences sur la décomposition de l'eau, un argument précieux à la nouvelle théorie, il ne l'a point cependant adoptée. Il a même cherché à démontrer par l'expérience que le sel ammoniac n'est point décomposé aux températures auxquelles on détermine sa densité de vapeur. Il se fonde principalement sur l'observation des deux faits suivants.

Ayant fait arriver deux courants, l'un de gaz ammoniac, l'autre d'acide chlorhydrique, dans un ballon maintenu dans un bain de vapeur de mercure à une température constante de 350°, il a vu un thermomètre, placé au point où se rencontraient les deux gaz, monter à 394°,5. Un tel dégagement de chaleur ne pouvant provenir que de la combinaison des deux gaz, il en conclut qu'ils peuvent réellement se combiner à 350°, et que, par conséquent, le sel ammoniac ne peut être décomposé, ni à cette température, ni même à celle de 394°; or c'est à la température de 350°, que sa densité de vapeur a été déterminée.

De plus MM. Deville et Trost ont constaté que, à la température rouge à laquelle le gaz ammoniac est en grande partie décomposé en ses deux éléments, l'azote et l'hydrogène, le sel ammoniac n'éprouve point cette décomposition, ce qui prouve suivant eux que ce sel existe réellement à l'état de vapeur à cette température et n'est point décomposé en un mélange d'acide chlorhydrique et de gaz ammoniac.

Quelque ingénieuses que soient ces expériences, et quelque confiance que puisse inspirer l'habileté bien connue de leur auteur, les conclusions qu'il en a tirées ne sont pas à l'abri de toute objection et le mémoire que vient de publier M. Karl Than[1] semble démontrer, en effet, que ces conclusions ne sont pas fondées.

Ce chimiste, en effet, a repris la première expérience de M. Deville dans des conditions un peu différentes. On pouvait objecter, en effet, au mode opératoire adopté par le savant français que les deux gaz, amenés à l'état de courant continu dans le ballon chauffé à 350°, s'y rencontraient avant que d'avoir atteint la température de l'enceinte, et que la combinaison qu'ils contractent dans ces conditions ne prouvait pas qu'elle se serait encore effectuée s'ils avaient été préalablement portés à cette température. L'acide chlorhydrique, enfermé dans un tube de verre à minces parois, a été introduit dans un tube plus large contenant le gaz ammoniac; le tout était placé sur une espèce de cuve à mercure de manière à pouvoir déterminer la pression et le volume des gaz. L'appareil tout entier a été chauffé à une température constante d'environ 350°. La température étant devenue stationnaire, un choc brusque a déterminé la rupture du tube intérieur et le mélange subit des deux gaz. Le ni-

[1] *Annalen der Chemie und Pharmacie*, t. CXXX, p. 126.

veau du mercure n'a éprouvé par là aucun changement, ce qui prouve qu'il n'y a dans ce cas aucun dégagement de chaleur. Or, si dans l'expérience de M. Deville, les deux gaz se rencontrant à une température inférieure à 350° ont donné lieu à un dégagement de chaleur susceptible de porter le thermomètre à 394°,5, à plus forte raison aurait-on observé une élévation très-notable de température par le mélange de ces gaz préalablement chauffés à 350°, s'ils avaient pu, à cette température, contracter une combinaison. Il paraît donc bien établi par ces expériences que l'acide chlorhydrique et l'ammoniaque susceptibles de se combiner au-dessous de 350° avec dégagement de chaleur, ne peuvent plus le faire à ce degré de chaleur, et que le sel ammoniac ne peut plus exister à cette température.

D'un autre côté, M. Than ayant fait passer comparativement, dans trois tubes chauffés au même degré, du gaz ammoniac pur et sec, et ce même gaz mélangé soit avec de la vapeur d'eau, soit avec de la vapeur de mercure, a constaté que la présence de ces vapeurs, qui cependant ne peuvent être considérées comme combinées avec le gaz ammoniac, réduit dans une énorme proportion (à $^1/_{40}$ pour la vapeur d'eau, et $^1/_{20}$ pour celle de mercure) la quantité du gaz ammoniac décomposé. Ainsi le mélange du gaz ammoniac avec un gaz inerte augmente considérablement sa stabilité. Par conséquent, la résistance qu'oppose le sel ammoniac à la décomposition par la chaleur ne prouve nullement l'existence d'une combinaison chimique entre l'ammoniaque et l'acide chlorhydrique à une chaleur rouge.

L'auteur conclut donc de ses recherches que les expériences de M. Deville n'établissent pas, comme l'avait

cru ce savant, l'absence de décomposition du sel ammoniac à une température élevée, et que les expériences de diffusion de MM. Pebal, Wanklyn et Robinson conservent toute leur valeur et démontrent la réalité de cette décomposition.

Les faits intéressants que nous venons de résumer suggèrent quelques réflexions générales.

On comprend difficilement au premier abord que la combinaison de l'ammoniaque et du gaz acide chlorhydrique, pris à une température inférieure à 350°, puisse donner lieu à un dégagement de chaleur susceptible de porter la température à 394°, c'est-à-dire à un degré bien supérieur à celui qui détermine la décomposition du chlorhydrate d'ammoniaque. Cependant on doit remarquer que ce n'est point là un fait nouveau, mais une exacte répétition, sur d'autres corps, du fait analogue si bien établi par les belles expériences de M. H. Deville relativement à la décomposition de l'eau par la chaleur. Ce savant a démontré, en effet, que l'eau est décomposée à la température de fusion du platine; or il obtient cette fusion au moyen du chalumeau à gaz, c'est-à-dire au moyen de la chaleur dégagée par la combinaison de l'oxygène et de l'hydrogène. Il est probable qu'il y a là un phénomène général, et que, dans un grand nombre de cas au moins, si ce n'est toujours, la combinaison de deux corps peut donner naissance à une température supérieure à celle qui est nécessaire pour déterminer leur séparation lorsqu'ils sont combinés.

La contradiction apparente que semblent offrir ces deux résultats opposés peut être expliquée par le même raisonnement que celui qu'on emploie pour expliquer les deux faits, non moins contradictoires en apparence, de

la réduction de l'oxyde de fer par l'hydrogène et de la décomposition de l'eau par le fer métallique à la même température. Il suffit d'admettre qu'il se détermine un état d'équilibre, variable avec la température et avec les proportions des corps mis en présence, entre les forces qui tendent à déterminer la combinaison des éléments et celles qui tendent à en opérer la séparation.

Ainsi le phénomène de la décomposition de l'eau par la chaleur présenterait deux limites extrêmes de température, une limite inférieure à laquelle commencerait à se manifester l'influence de la chaleur par la séparation d'une très-faible partie des éléments de l'eau, et une limite supérieure à partir de laquelle, l'influence de cet agent annulant entièrement celle de l'affinité, la décomposition serait totale. Entre ces deux limites, à chaque température correspondrait un état d'équilibre déterminé, réglant les proportions relatives des deux éléments libres et de la vapeur d'eau.

D'ailleurs je dois reconnaître que cette explication n'est que le développement, sous une forme un peu différente, de celle qui a été donnée par M. H. Deville, lorsqu'il a assimilé la décomposition totale de l'eau par la chaleur à l'ébullition d'un liquide, et sa dissociation à des températures moins élevées à l'évaporation de ce liquide dans un courant gazeux.

Lorsque deux éléments, tels que l'oxygène et l'hydrogène, se combinent, la chaleur dégagée peut provenir de causes variées, par exemple d'une condensation subie par les éléments, d'une diminution dans la chaleur spécifique du produit de la combinaison, et surtout de la mise en liberté de tout ou partie du calorique que possèdent, à l'état latent, les corps simples à l'état de

liberté. Mais quelles que soient ces causes, il est clair que cette chaleur est précisément celle qu'il faudra restituer à ces éléments lorsqu'on voudra détruire la combinaison et les remettre en liberté. Ainsi, théoriquement, l'eau provenant de la combinaison complète d'une certaine quantité d'oxygène et d'hydrogène, devrait, si l'on pouvait supprimer toutes les causes de déperdition de chaleur, atteindre une température telle qu'elle posséderait alors tout le calorique dégagé par la combinaison, ou réciproquement tout celui qui serait nécessaire pour sa décomposition complète; c'est-à-dire qu'elle atteindrait cette limite supérieure à laquelle a lieu la décomposition totale. Il suffit d'énoncer cette conséquence pour comprendre que dans l'hypothèse où nous venons de nous placer, de l'absence de toute déperdition de chaleur, la combinaison entre les deux éléments ne serait pas complète, mais seulement partielle, et qu'elle porterait la masse totale à une température intermédiaire entre les deux limites extrêmes, et correspondant au partage qui se serait opéré entre les gaz libres et la vapeur d'eau. Il n'y a donc rien de surprenant à ce que cette température soit suffisante pour produire une décomposition partielle de l'eau. Il est vrai que l'on ne peut réaliser dans la pratique les conditions que je viens de supposer et que l'on pourrait craindre que les causes de déperdition de chaleur qu'on ne peut éviter n'entraînassent un abaissement de température au-dessous de la limite inférieure à laquelle la décomposition peut commencer. Mais cette objection ne me paraît pas fondée, parce que l'influence de ces pertes de chaleur aura pour effet de permettre une combinaison plus complète et le plus souvent totale des deux éléments

mis en présence, et par suite un dégagement de chaleur qui compensera presque entièrement ces pertes.[1]

Quoi qu'il en soit de la valeur de ces idées théoriques, la connaissance que nous avons actuellement des phénomènes calorifiques qui accompagnent les combinaisons et les décompositions chimiques modifie d'une manière très-importante la manière dont nous devons concevoir la combustion.

Jusqu'ici, en effet, en se fondant sur l'observation des phénomènes de combustion dont nous sommes journellement témoins, on a dû les considérer comme se passant toujours avec une extrême rapidité, quelle que fût l'énormité des masses qui devaient entrer en combinaison, car nous voyons une maison, une ville même entière brûler en moins de temps quelquefois qu'il n'en faudrait pour consumer dans un foyer une seule des pièces de bois qui entrent dans leur construction. Mais

[1] L'idée d'expliquer la densité de vapeur du sel ammoniac par la dissociation de ce corps a soulevé une objection, que je dois d'autant moins passer sous silence qu'elle se fonde précisément sur la théorie que je viens d'exposer. On a remarqué que, à la température de 350°, inférieure à celle qui peut résulter de la combinaison de ses éléments, sa décomposition ne devrait pas être complète et, par conséquent, la densité déterminée à cette température devrait être intermédiaire entre la densité théorique du sel ammoniac et celle de ses éléments simplement mélangés. Cette objection ne serait fondée que s'il était établi que le sel ammoniac peut se volatiliser, fait qui paraît fort douteux. M. Than ayant essayé de répéter l'expérience que nous avons rapportée au commencement de cette notice, en ne portant les gaz qu'à une température voisine de 340°, a vu se former un dépôt de sel ammoniac sur les parois des tubes dès que le mélange des gaz a été opéré. Il est donc bien permis de supposer qu'à 350° il se décompose sans s'être préalablement volatilisé. Il serait intéressant de répéter ces expériences sous de plus fortes pressions. C. M.

nous savons maintenant qu'une condition est nécessaire pour que le phénomène puisse s'accomplir avec une telle rapidité ; il faut que l'excès de chaleur dont il détermine le dégagement puisse se dissiper avec une égale promptitude en se communiquant soit à l'atmosphère, soit aux corps environnants. Si une masse d'oxygène et d'hydrogène pouvait être enfermée dans une enceinte dépourvue de toute faculté absorbante, sa combustion s'arrêterait aussitôt que la température aurait atteint une certaine limite, prête à recommencer ensuite et à s'accomplir avec autant de lenteur qu'on le voudrait, si l'on avait le moyen de soutirer à volonté la chaleur de cette masse.

Ne se trouverait-on pas à peu près dans ces conditions, si l'on supposait une masse énorme composée de corps susceptibles de se combiner, et entièrement isolée dans l'espace de manière à ne pouvoir perdre aucune chaleur par conductibilité, mais seulement par la voie lente du rayonnement? Si le soleil, par exemple, doit son état d'incandescence à la combinaison chimique des éléments qui le composent, il me semble infiniment probable que cette combinaison a dû se manifester au premier moment par une conflagration presque instantanée, mais partielle de ces éléments, à laquelle a dû succéder une période infiniment longue de combinaison lente, ne s'effectuant qu'en proportion de la perte de calorique produite par le rayonnement, et maintenant une température stationnaire pendant toute cette période. Je laisse aux savants qui se sont spécialement occupés de l'étude de la constitution de cet astre, à dire si nous pouvons nous considérer comme étant encore dans cette période ou si nous avons atteint celle qui doit lui succéder, celle du refroidissement.

C. MARIGNAC.

SUR UNE
NOUVELLE PHASE DE LA THÉORIE CELLULAIRE
ET SUR
LE ROLE QUE JOUE LE PROTOPLASMA

PAR

M. J.-B. SCHNETZLER.

Les travaux de Schleiden (1838) et de Schwann (1839), sur la nature et la formation de la cellule comme élément morphologique chez la plante et chez l'animal, comptent sans contredit parmi ceux qui ont eu la plus grande influence sur la physiologie, l'anatomie et même la pathologie modernes. Et cependant, si, après tous les beaux travaux qui ont suivi ceux qui ont ouvert la carrière, nous nous demandons : Qu'est-ce que cette cellule, qui est le commencement de toute vie, qui, en se métamorphosant de mille manières, relie non-seulement entre elles toutes les espèces végétales, mais encore établit un pont conduisant au règne animal et à travers toutes ses phalanges jusqu'à l'homme? Nous éprouvons une certaine difficulté en cherchant une réponse catégorique à cette question.

Dans la dernière édition de son ouvrage fondamental[1], Schleiden définit la cellule végétale comme suit : « Organe élémentaire qui, à l'état parfaitement dévelop-

[1] Grundzüge der wissenschaftlichen Botanik. 1861.

pé, se compose d'une enveloppe formée de cellulose et doublée à l'intérieur d'une matière azotée à demi-liquide (halbflüssig). Cette matière semi-fluide, qui revêt intérieurement l'enveloppe non azotée de la cellule, est l'utricule primordiale (Primordialschlauch) que Hugo v. Mohl distingua en 1844 (*Botanische Zeitung*). D'après lui, cette utricule azotée fait partie de chaque cellule capable de vie (lebenskræftig), et elle existe avant l'enveloppe composée de cellulose. Déjà en 1839 Hugo v. Mohl avait observé cette utricule primordiale (*Linnæa*). Le noyau de la cellule fut d'abord mis en évidence dans un grand nombre de cellules par R. Brown sous le nom de *nucleus of cell*[1]. Ce noyau est formé lui-même de granulations bien délimitées et isolées, appelées nucléoles. Dans la formation de la cellule, le nucléole devait précéder le nucléus comme celui-ci précède l'enveloppe de la cellule. Cependant bien des observateurs ont nié cette importance du cytoblaste (nucléus) et du nucléole. Reichert, entre autres, montre que le nucléole n'apparaît dans le noyau qu'après la formation de ce dernier[2].

Vogt et Bergmann ont fait voir que des cellules naissent par segmentation du vitellus ou d'autres cellules et qu'il peut y avoir préexistence de la cellule par rapport au cytoblaste ou naissance simultanée de la cellule et du noyau[3]. Quel que soit, du reste, le rôle qu'on attribue au cytoblaste, la plupart des physiologistes et anatomistes regardent comme parties essentielles de toute cellule vivante une enveloppe solide et un contenu liquide. La

[1] Observations on the organs &c. London 1833.

[2] Das Entwicklungsleben im Wirbelthierreich. 1840.

[3] *Journal de l'Académie*. Naissance de la substance organisée par Ch. Robin.

jeune cellule végétale est d'abord uniformément remplie d'une matière semi-fluide, à laquelle Hugo v. Mohl a donné le nom de *Protoplasma*. Plus tard il se forme dans ce protoplasma des cavités remplies d'un suc aqueux; par la confluence de ces cavités, le protoplasma se condense en une couche qui tapisse intérieurement la paroi cellulaire et qui traverse l'intérieur de la cellule sous forme de filaments. Dans un travail publié en 1861 [1], M. Schultze tâche de démontrer le rôle important que joue soit dans la formation de la cellule, soit dans celle des tissus animaux, le contenu liquide de la cellule animale correspondant au protoplasma de Hugo v. Mohl. Quoique l'auteur attribue le principal rôle au protoplasma de la cellule, il ne nie point la nécessité d'une membrane enveloppante dès qu'il s'agit de la formation de tissus. Cependant, d'après lui, la cellule comme telle, la cellule qui n'a pas encore sacrifié sa vie individuelle peut se passer de cette membrne distincte; les tremelles parmi les végétaux et les protozoaires parmi les animaux nous présentent des exemples de corps organisés composés entièrement de protoplasma. L'apparition de la membrane enveloppante marquerait donc une phase dans la vie de la cellule où celle-ci aurait atteint son point culminant d'existence et de travail individuels. Cependant il nous semble impossible d'admettre que l'apparition de la membrane enveloppante distincte du protoplasma soit le signe d'une marche rétrograde. Nous y voyons plutôt le commencement d'une phase plus parfaite où la matière pour ainsi dire amorphe se coordonne sous une forme qui correspond à un type donné. L'énoncé des idées de

[1] Archiv für Anatomie und Physiologie, herausgegeben von Reichert et DuBois-Reymond.

M. Schultze a naturellement amené une polémique sur les parties constituantes essentielles de la cellule. Cette polémique est résumée et continuée dans un travail publié par M. Schultze sous le titre de : *Das Protoplasma der Rhizopoden und der Pflanzenzellen*, 1863. Nous reviendrons sur les principaux faits énoncés dans cet important travail.

Schultze et avec lui Brücke[1] nient une membrane qui diffère chimiquement du protoplasme à la surface des cellules de segmentation (Furchungszellen), des cellules des Hydres, des Amœba et des Myxomycètes. Reichert s'oppose formellement à cette opinion[2]. Cependant cette opposition perd un peu de sa force lorsqu'on considère que Schultze admet l'existence d'une couche corticale (Rindenschicht) qui se forme à la surface du protoplasma[3] de la cellule (*Ueber Muskelkörperchen*, p. 15) ; seulement cette couche enveloppante ne diffère pas chimiquement du protoplasma.

Les travaux de Pringsheim sur la cellule végétale[4], auxquels Schultze fait appel, nous semblent un terrain

[1] Sitzungsbericht der Akademie der Wissenschaften zu Wien. Bd. 44, p. 381. 1861.

[2] Die neuen Reformen der Zellenlehre. Archiv für Anatomie, etc. 1863, p. 86.

[3] Cette distinction n'est point une subtilité inventée dans l'intérêt de la cause comme on pourrait facilement le croire. Elle est exigée par les faits. Elle a déjà été faite par M. Hugo v. Mohl à une époque bien antérieure à ce débat. Ce botaniste donnait, au lieu du nom de *membrane*, celui de *pellicule* aux couches corticales qui ne sont point nettement délimitées du côté interne, mais passent graduellement à la substance voisine. Ce nom n'était peut-être pas très-bien choisi. (*Réd.*)

[4] Untersuchungen über den Bau und die Bildung der Pflanzenzelle. Berlin 1854.

neutre où les adversaires pourraient se rencontrer. Pringsheim distingue dans la cellule un contenu liquide (*Intercellularflüssigkeit* de Brücke), entouré et traversé par le protoplasma qui renferme des granulations et le nucléus. Il distingue dans le protoplasma une couche hyaline extérieure et une couche intérieure renfermant des granulations. La couche extérieure (Hautschicht) subit une condensation successive et devient peu à peu une membrane qui diffère chimiquement du protoplasma; c'est-à-dire qu'il se forme à la surface du protoplasma une membrane composée de cellulose. La couche extérieure, avant la formation de la couche de cellulose, correspond à l'utricule primordiale de Hugo v. Mohl. Cette couche hyaline s'observe dans les cellules animales surtout pendant le développement de l'embryon; elle recouvre chez les amoeba une couche de protoplasma riche en granulations; elle s'observe dans les globules sanguins incolores, dans les corpuscules de la salive, dans les cellules du cartilage. Il serait intéressant d'observer la formation de la cellulose dans le manteau des Tuniciers[1], et d'établir le rapport qu'elle présente avec les métamorphoses que subissent les cellules.

Un auteur anglais[2] complétement en dehors de la théorie cellulaire émet des idées qui coïncident assez bien avec celles de Schultze.

« Je crois que les corpuscules incolores et les nucléus

[1] Voir sur ce sujet : Hermann Schacht, dans Müller's *Archiv*, 1851, p. 176. — Huxley, dans le *Quart. Journ. of micr. Science*, Oct. 1852, p. 22. — R. Leuckart, *Zoolog. Untersuchungen*, II, 1854, p. 11-14. — Schlossberger, *Thierchemie*, I, 1856, p. 251.

[2] Prof. Beale, on blood corpuscules. Intellectual Observer, february 1864, p. 63.

incolores des globules du sang se composent de matière vivante (*in a living state*), parce qu'il existe des raisons pour conclure que les globules colorés sans noyau ont cessé de manifester des propriétés vitales. »

Beale appelle *cell-wall* l'enveloppe qui se forme autour des globules rouges ; cette sorte de barrière résulte pour lui d'un changement survenu dans la matière vivante des corpuscules incolores. Le nucléus des globules rouges représente pour lui une phase de la métamorphose des globules incolores en vieux globules colorés (*old red blood corpuscules*) dans lesquels la matière a perdu ses propriétés vitales.

Je regrette de ne pas avoir sous la main le travail original du professeur Beale dans lequel il appuie probablement sur des preuves plus solides les assertions ci-dessus mentionnées ; mais il me semble qu'elles renferment l'idée fondamentale de Schultze [1].

[1] Le travail de M. Beale, contenu dans le *Quarterly Journal of microscopical Science*, auquel M. Schnetzler fait ici allusion, ne renferme qu'une bien faible partie des recherches par lesquelles M. Beale a tenté de révolutionner l'histiologie. Les plus importantes ont paru sous le titre de *Lectures on the structure and growth of the tissues of the human body* dans les *Archives of Medicine* de 1862 et ont été réunies en un volume publié par M. Engelmann : *Die Structur der einfachen Gewebe des menschlichen Kœrpers, etc., von Lionel Beale, übersetzt und mit Zusætzen des Verfassers herausgegeben von V. Carus. Leipzig 1862.*

Les travaux de M. Beale renferment, en effet, l'idée fondamentale de M. Schultze. L'auteur dénie à la membrane de la cellule toute importance ou plutôt il en ignore presque l'existence. Il distingue dans tous les tissus un élément actif auquel il donne le nom de substance germinative (*germinal matter*) et un élément passif qu'il désigne sous celui de substance formée (*formed matter*). Le second élément est toujours le résultat d'une

Et certes on ne peut pas nier que le travail le plus exubérant se passe dans le protoplasma qui, d'après l'expression de l'auteur anglais, n'est pas encore entouré de son *cell-wall*. Plus tard la cellule coordonne son activité au travail de l'ensemble, elle change d'aspect et de composition; elle s'entoure d'une enveloppe de plus en plus solide, et en entrant comme pierre dans l'édifice commun, elle se métamorphose souvent de telle manière que sa forme primitive devient méconnaissable. Cependant on aurait tort en voulant prétendre que la cellule entourée d'une membrane (de protoplasma épaissi ou même de cellulose), n'est plus le siége d'un travail chimique et physique nécessaire à la vie. Personne ne niera l'enveloppe formée de cellulose dans des parties de plantes qui montrent tous les caractères d'une vie très-active. La membrane nous paraît au contraire néces-

métamorphose du premier devenu inactif. Il résulte des travaux de l'auteur que la substance germinative comprend le protoplasma et le nucléus, tandis que la substance formée correspond à la membrane des cellules et à la substance intercellulaire. — Quelque ingénieuse que soit l'exposition de M. Beale, il est certain qu'elle a l'inconvénient de prétendre à une révolution par trop fondamentale de l'histiologie. L'auteur a le grand tort de confondre le nucléus avec le protoplasma, et, en méconnaissant l'importance morphologique du nucléus, il a été conduit à méconnaître aussi l'existence de cet élément histiologique incontestable : *la cellule*, sur la nature duquel on peut bien discuter, mais dont l'existence même ne saurait être mise en question. — Cette lacune immense dans les travaux de M. Beale explique suffisamment pourquoi les conclusions de l'auteur ne sauraient être admises par la plus grande partie de ceux qui souscrivent à la plupart de ses prémisses. M. Schultze restera aux yeux de chacun le véritable rénovateur de l'histiologie, parce qu'il a su révolutionner sans sortir de la théorie cellulaire (*Réd.*).

saire, non pour marquer un commencement de décrépitude de la cellule, mais pour limiter son travail exubérant, individuel, et pour la faire rentrer comme partie constituante d'une forme typique dans laquelle toutes les forces doivent s'équilibrer.

II

Nous avons vu que Schultze ne regarde pas comme partie nécessaire de la cellule vivante une membrane enveloppante chimiquement distincte du protoplasma. Il appuie son opinion sur l'absence d'une telle membrane dans les prolongements filiformes des Rhizopodes ; ces prolongements, connus sous le nom de pseudopodes, se composent, d'après Schultze, de protoplasma sans membrane enveloppante distincte ; mais il va plus loin, il tend à établir d'autres analogies entre le protoplasma de ces pseudopodes et celui des cellules végétales. La matière qui compose les pseudopodes exécute un mouvement qui est rendu sensible par le déplacement des granulations qu'elle renferme. La confluence de deux filaments en contact, l'incorporation dans leur substance de petites granulations de carmin et d'indigo qu'ils rencontrent parlent bien en faveur de l'absence d'une membrane limitante distincte de la matière fluante. Ce mouvement des granulations dans les pseudopodes d'*Actinophrys Eichhornii* a été observé pour la première fois par Claparède [1]. Dans la substance de ces pseudopodes on distingue une couche corticale riche en granulations et une couche hyaline centrale ; c'est la première, plus fluide, qui se fond souvent avec la couche corticale d'un pseu-

[1] *Bericht über die Verhandlungen der Akademie der Wiss. in Berlin*, p. 674, 1855.

dopode avec lequel elle se trouve en contact. On a désigné jusqu'à présent, sous le nom de sarcode la substance organique qui compose en grande partie les organismes inférieurs dont nous parlons ; mais dès que nous admettons qu'une certaine portion de protoplasma, avec son nucléus, puisse jouer le rôle d'une cellule, sans posséder une enveloppe distincte, le nom de sarcode doit disparaître et toute une division du règne animal rentre sous la loi générale qui préside à la vie de la cellule. Lorsqu'on poursuit l'axe hyalin des pseudopodes d'*Actinophrys Eichhornii* jusqu'à la substance centrale, opaque du corps (Marksubstanz), on voit dans la couche extérieure de cette substance médullaire des corpuscules semblables à des cellules, de forme sphérique, à enveloppe mince, à contenu albumineux coagulable et avec des nucléoles homogènes au nombre de 2 à 8 ; ces corpuscules n'ont point de communication avec les pseudopodes ; l'axe hyalin de ces derniers se prolonge jusqu'aux parois de petits alvéoles qui se trouvent à la surface de la substance médullaire opaque du corps ; la couche corticale granuleuse des pseudopodes est la continuation de la couche corticale du corps.

Lorsqu'on examine sous le microscope les poils des étamines de Tradescantia, ceux des pétales de Viola, des feuilles de Cucurbita et d'Urtica, des racines d'Hydrocharis et des feuilles de *Vallisneria spiralis*, etc., on aperçoit un mouvement très-distinct dans un liquide qui diffère du contenu aqueux de la cellule. Ce liquide se meut le long des parois en formant de véritables courants, faciles à constater, grâce aux granulations d'amidon et de chlorophylle qu'il renferme. Déjà en 1772, Bonaventura Corti avait découvert le mouvement du contenu des cel-

lules de Chara et de *Caulinia fragilis* (Schleiden, *Grundzüge*).

En examinant attentivement, à l'aide d'un fort grossissement, le tissu cellulaire d'une plante quelconque, on trouve dans la plupart des cellules vivantes un ensemble de petits courants qui partent du nucleus ; ces courants sont formés par le protoplasma de la cellule, renfermant de petites granulations opaques, à contour très-net; ils longent la paroi de la cellule, en traversent souvent l'intérieur, formant des anastomoses et restant parfaitement isolés du contenu aqueux de la cellule; ces courants du protoplasma retournent finalement à leur point de départ, c'est-à-dire au nucléus ; cependant le mouvement ne part pas toujours nécessairement de ce point.

C'est dans cette même catégorie de mouvements qu'il faut ranger les phénomènes qu'on observe dans les différentes espèces de Clostérium. Aux deux extrémités rétrécies de ces algues microscopiques, on voit un alvéole renfermant de petites granulations opaques qui présentent un mouvement de fourmillement continuel ; à partir de ces alvéoles, de petits courants de protoplasma longent toute la cellule, s'étendant sous forme de filaments entre la paroi cellulaire et le contenu central vert qui renferme des granulations de chlorophylle et des vésicules cellulaires. Dans le *Closterium moniliferum* Ehrb., que j'ai eu occasion d'observer, j'ai vu des granulations sortant des alvéoles suivre le mouvement oscillatoire des filaments de protoplasma qui s'étendent d'une alvéole à l'autre. Lorsqu'on regarde ce mouvement pendant quelque temps, les alvéoles contenant les granulations et les filaments de protoplasma prennent une couleur rouge et apparaissent alors d'une manière très-distincte ; cette co-

loration rouge est due à un phénomène optique; l'impression produite sur la rétine par la couleur verte de l'intérieur du Closterium provoque la couleur complémentaire rose dont semblent teints les alvéoles et les courants qui en partent.

C'est ce mouvement du protoplasma dans l'intérieur des cellules végétales que Schultze compare au mouvement des pseudopodes des Polythalames et des Radiolaires, en partant du point de vue que le protoplasma végétal correspond à la matière qui compose ces pseudopodes[1]; et certes les deux phénomènes ne manquent pas d'analogie. Cette analogie n'existe pas seulement dans une vague ressemblance des filaments ramifiés du protoplasma végétal et de la matière semi-fluide des pseudopodes ; on y observe des granulations qui se meuvent de la même manière; on observe également la confluence des filaments qui se trouvent en contact. Mais les réactions chimiques et l'action des courants électriques sur les deux mouvements soutiennent encore la comparaison. L'eau distillée produit la diffusion des filaments de protoplasma avec formation de vacuoles parfaitement comme dans les pseudopodes.

Des acides dilués arrêtent dans les deux cas le mouvement des granulations en produisant la coagulation des filaments, à la suite de laquelle ils gardent encore long-

[1] Celui des auteurs récents qui a étudié avec le plus de soin le jeu des pseudopodes chez les Rhizopodes, M. Hæckel, se prononce entièrement dans le même sens que M. Schultze sur l'identité du sarcode des Rhizopodes et du protoplasma, des poils staminaux des Tradescantia, par exemple. L'ouvrage de ce savant (*Die Radiolarien, eine Monographie, von Ernst Hæckel*. Berlin, 1862) est un de ceux qui méritent le plus d'être étudiés au point de vue de la question qui fait l'objet de ce mémoire.

temps leur forme. Dans une solution étendue de potasse, les filaments deviennent plus transparents, le mouvement cesse et le filament se décompose.

Le courant d'induction produit dans les pseudopodes et dans le protoplasma végétal la cessation du courant granulaire, dès que le courant électrique atteint une certaine intensité, tandis que des courants faibles n'ont pas d'action sensible.

Brücke a fait des observations intéressantes sur l'action des courants électriques, sur le protoplasma des poils urticants de l'ortie[1].

Lorsqu'on fait passer pendant peu de temps un courant d'une certaine intensité à travers un poil d'ortie, on voit des filaments qui s'élancent quelquefois comme des fusées à partir du protoplasma et qui s'avancent vers l'axe du poil. Schultze a fait des observations semblables sans voir l'apparition instantanée des filaments, tandis qu'il a vu des filaments de protoplasma se renfler en forme de chapelet sous l'influence d'un courant électrique un peu intense. Un fait parfaitement semblable se passe sous les mêmes conditions dans les pseudopodes des Rhizopodes[2].

[1] *Das Verhalten der sogenannten Protoplasmastrœme gegen die Schlæge des Magnetelectromotors. Sitzungsber. der Akad. zu Wien*, Bd. 46, p. 1, 1862.

[2] Les décharges de courants d'induction déterminent, selon M. Kühne, une contraction des Amœba en boule. Cette contraction est même si énergique que, lorsque ces animaux ont mangé des Diatomées un peu longues, celles-ci sont projetées vivement au dehors. Cette purgation énergique n'a du reste pas d'effet nuisible sur l'Amœba qui recommence à ramper quelques instants après (Kühne : *Untersuchungen über das Protoplasma und die Contractilitæt*. Leipzig, 1864). — (*Réd.*)

L'influence de la température nous fournit un nouveau terme de comparaison. Le premier effet que produit une augmentation de température au-dessus de la température ordinaire est une accélération du courant granulaire. D'après les observations de Schultze, la vitesse des granulations dans les poils d'ortie était, à la température ordinaire, de 0,004 à 0,005 millimètres par seconde; à 35° cette vitesse était de 0,009 millimètres. Les cellules des poils de *Tradescantia virginica* donnent un résultat semblable; chez la *Vallisneria spiralis* la vitesse s'élève à 0,015^{mm}. La vitesse des granulations dans les pseudopodes est égale au maximum de vitesse observé dans le protoplasma végétal; l'augmentation de température jusqu'à 35° n'a pas d'influence sensible sur la première.

La température qui agit d'une manière absolument mortelle sur le protoplasma de *Tradescantia virginica*, d'*Urtica urens* et de *Vallisneria spiralis* commence à 47°-48°. Le mouvement se ralentit déjà de 38°-40°; mais si la température ne dépasse pas 43°, le mouvement revient avec toute son énergie lorsqu'on abaisse la température. Schultze conclut de ses observations que la chaleur est un excitant puissant des mouvements du protoplasma, et que le protosplasma végétal perd ses propriétés vitales dès 45°.

Lorsqu'on chauffe rapidement jusqu'à 40° des poils d'ortie, on observe dans le protosplama des filaments en forme de chapelet semblables à ceux observés par Brücke sous l'influence du courant électrique.

La vie animale se maintient difficilement dans l'eau au delà de 45°. La rigidité calorifique (Wärmestarre de Kühne) de la fibre musculaire des animaux vertébrés se manifeste de 40°-50°.

Si nous regardons comme cause du mouvement des granulations des pseudopodes la *contractilité* de la substance qui les contient, nous arrivons naturellement à la conclusion que le protoplasma doit également jouir de cette même propriété. Dans une notice sur une observation faite le 28 juillet 1851, relative à l'action de la lumière sur les feuilles du *Robinia pseudacacia*[1], j'avais terminé mon travail en disant : « Il semble donc résulter des faits qui précèdent que les mouvements particuliers des feuilles, des pétales, des étamines, etc., sont dus à une contractilité inhérente au tissu végétal, excitée par la lumière solaire ou par des actions chimiques ou mécaniques. »

Dans un travail sur la limite supérieure de la température qui permet la végétation[2], M. Julius Sachs élève un peu la limite de la température la plus élevée que peut supporter le protoplasma. Comparées à celles de Schultze, ses expériences montrent que la température qui occasionne la mort peut être plus élevée dans l'air que dans l'eau ; dans les poils de Tradescantia tout mouvement cesse à 47°-48°, tandis qu'à cette même température dans l'air, Sachs a constaté encore du mouvement après 15 minutes. Il résulte également de ses recherches que le protoplasma se comporte comme la plante entière et que sa mort, sous l'influence d'une température trop élevée ou trop basse, est probablement due à un changement dans le groupement moléculaire du protoplasma.

Quelle que soit l'opinion qu'on puisse avoir sur les idées de Schultze quant à la composition de la cellule, il

[1] *Archives*, fév. 1852, p. 167.
[2] *Archives*, juillet 1864, p. 212.

faut avouer que le nouveau jour qu'elles jettent sur le rôle important que joue le protoplasma dans les corps vivants doit être regardé comme un progrès dans l'étude de la cellule. Que celle-ci possède une enveloppe extérieure chimiquement différente du protoplasma ou qu'elle ne possède pas une telle membrane, personne ne pourra nier dès à présent que le protosplama est la partie vivante de la cellule, et que les mêmes causes qui augmentent ou qui diminuent son activité, augmentent et diminuent le travail total de l'organisme; les mêmes causes qui tuent le protoplasma, tuent l'organisme tout entier [1].

[1] Parmi les ouvrages que M. Schnetzler n'a pas eus à sa disposition, le volume récemment publié par M. Kühne et déjà cité dans une note de la page 26 mérite particulièrement d'être mentionné. L'auteur fait connaître en effet des observations et des expériences nouvelles sur tous les points touchés dans ce mémoire, et ses conclusions sont favorables à M. Schultze. On trouvera en particulier dans cet ouvrage des expériences sur la coagulabilité des différentes substances albuminoïdes, sur l'action de la chaleur (tétanos thermique, rigueur thermique), de la congélation, des courants électriques, des alcaloïdes, de l'acide carbonique, etc., sur le protoplasma des Rhizopodes, des Myxomycètes, des Tradescantia et même sur le protoplasma de certaines cellules de vertébrés, dont la mobilité n'était pas soupçonnée avant lui. L'auteur croit en effet avoir démontré dans le protoplasma des cellulles de la cornée une contractilité comparable à celle des globules incolores du sang. Cette contractilité se manifeste surtout sous l'influence de certains agents d'irritation. (*Réd.*)

MATÉRIAUX

POUR SERVIR A L'HISTOIRE DES MÉTAUX

DE LA CÉRITE ET DE LA GADOLINITE

PAR

M. MARC DELAFONTAINE[1].

II

MÉMOIRE SUR LA TERBINE ET SUR L'YTTRIA.

Les terres qui restent après l'extraction de l'erbine exposée dans le mémoire précédent, retiennent encore une petite quantité de cette dernière dont il s'agit de les débarrasser autant que possible. On y arrive assez bien par une nouvelle série de précipitations partielles, suivies de dissolutions méthodiques dans un acide affaibli et enfin de l'emploi du sulfate de potasse. Cette méthode n'est pas rigoureuse, parce que le sulfate erbico-potassique est légèrement soluble dans une liqueur contenant du sulfate de potasse ; cependant la proportion d'erbine qui demeure ainsi dans le mélange peut être rendue inférieure à un demi-centième (trois ou quatre millièmes). J'ai été curieux de substituer aux précipitations par le bi-oxalate de potasse le procédé proposé dernièrement

[1] Voyez *Archives*, t. XXI, p. 97.

par MM. Deville et Damour pour le dosage relatif du lanthane et du didyme contenus dans la parisite[1]. En suivant de tous points les prescriptions de ces habiles chimistes, on obtient, d'une part, l'erbine avec un peu de ses congénères, sous forme de nitrate basique insoluble, tandis que la majeure partie de l'yttria et de la terbine reste en dissolution. Après avoir lavé le sous-nitrate jusqu'à ce qu'il commence à traverser le filtre, il faut le calciner, le transformer en oxalate double, puis traiter ensuite celui-ci par de l'eau aiguisée d'un cinquantième d'acide sulfurique qui dissout les deux autres bases en laissant l'erbine dans un état suffisant de pureté. Les résultats obtenus ainsi sont plutôt moins exacts que ceux auxquels conduit l'ancienne méthode, mais il y a, en revanche, une grande économie de temps.

L'yttria purifiée de l'une ou de l'autre de ces manières, et redissoute dans un acide, donne avec le bi-oxalate de potasse des précipités inégalement solubles dans l'acide sulfurique étendu; ceux qui se dissolvent le mieux contiennent l'yttria et les autres la terbine. Séparées ainsi grossièrement, puis redissoutes chacune à part et soumises encore à des précipitations partielles, etc., ces deux terres peuvent, à la longue, être obtenues assez exemptes l'une de l'autre pour que l'on puisse étudier leurs caractères distinctifs.

La terbine hydratée forme un précipité gélatineux blanc qui reste tel pendant la dessiccation, mais devient jaune après avoir été fortement calciné. A l'état anhydre, et suivant le procédé qui a servi à la préparer, cette terre offre les mêmes différences de couleur que l'erbine,

[1] *Comptes rendus. Académie des sciences*, t. LIX, p. 270.

mais, toutefois, avec des nuances moins foncées. Cette coloration doit lui appartenir en propre ; la présence d'une trace d'erbine dont il est à peu près impossible de la débarrasser ne suffit pas pour en rendre compte.

Calcinée pendant quelque temps au blanc ou bien chauffée au rouge naissant dans un courant d'hydrogène pur et sec, la terbine devient, tout comme l'erbine, d'un blanc de lait; la quantité d'eau produite dans le dernier cas est à peine appréciable. Ses sels sont habituellement doués d'une teinte rose-améthyste qui persiste presque toujours après la dissolution et se retrouve à un degré affaibli dans les sels solides d'erbine et moindre encore dans ceux d'yttria.

Le nitrate terbique étendu est rose ; il devient de plus en plus foncé en se concentrant, mais sans cependant tirer sur le violet comme celui de didyme. Chauffé lentement avec précaution, il perd toute son eau, fond en un verre qui conserve sa couleur et, enfin, se décompose, vers 500°, en laissant un sel basique dont une température plus élevée chasse tout l'acide.

S'ils ne sont pas en dissolution trop étendue, les sels de terbine montrent au spectroscope au moins deux raies d'absorption douées d'une égale intensité : l'une se voit dans le jaune près de D et l'autre dans la région verte ; elles coïncident avec deux bandes du didyme ; mais, à concentration égale, leur largeur est moindre (voyez la note suivante, p. 36, ainsi que la fig. 2, pl. I).

Même après avoir été exposée à une forte chaleur, la terbine se combine facilement avec les acides, en formant des composés dont la saveur est sucrée et astringente ; c'est une base plus énergique que l'oxyde de didyme ; elle chasse l'ammoniaque de ses sels déjà à froid, mais surtout à chaud.

Il n'est, à ma connaissance, aucun moyen qui permette de constater jusqu'à quel point une terbine est débarrassée d'yttria ; mais si l'on fait concentrer, très-lentement, à une douce chaleur, une dissolution de sulfate terbique yttrifère aiguisée d'acide sulfurique, les cristaux qui se déposent successivement ont un poids atomique de plus en plus faible, jusqu'à ce qu'enfin ils ne consistent plus qu'en sulfate d'yttria à peu près pur. Partant de ce fait, j'ai décrit ci-dessus et considéré comme terbine type celle dont le sulfate donne, par une cristallisation fractionnée en trois parties, des produits dont la composition est identique.

De nouveaux essais m'ont montré que le poids atomique de la terbine doit être abaissé au-dessous de 571 que j'avais déduit de mes précédentes analyses ; il est pourtant encore supérieur à celui de l'yttria.

La terbine se rapproche, par sa couleur, de l'oxyde céroso-cérique pur ; mais elle s'en distingue par sa facile solubilité dans les acides même étendus, ses réactions au chalumeau, la couleur de ses sels, son poids atomique et enfin par son spectre d'absorption.

Les sels terbiques se rapprochent de ceux de didyme par leur coloration et leurs raies obscures ; ils s'en distinguent par la couleur et l'équivalent de leur base et par l'absence de sept raies et bandes caractéristiques du didyme.

La terbine peut facilement être confondue avec l'erbine ; leurs spectres différencient d'une manière très-nette ces deux terres.

En résumé, je crois pouvoir regarder l'existence propre de la terbine comme suffisamment établie ; sa composition déduite de l'isomorphisme de son sulfate avec

celui de didyme sera représentée alors par *TrO*, le terbium devant avoir pour symbole *Tr* et non pas *Te* (à cause du tellure), comme quelques traités le disent par erreur.

Dans l'opinion de Mosander, la terbine devait être blanche, mais il paraît l'avoir toujours obtenue jaune; le caractère distinctif de cette terre résidait, à ses yeux, dans la propriété de s'effleurir à + 50° C. qu'aurait possédée son sulfate. Je n'ai pas reconnu l'exactitude de ce fait; le sulfate terbique ne m'a pas paru plus efflorescent que celui d'yttria : peut-être n'avons-nous pas eu entre les mains des sels à un même degré d'hydratation; cela me paraît d'autant plus probable que j'ai obtenu une fois des cristaux indistincts tombant en farine dans le papier joseph et dont la composition correspondait à la formule TrO,SO^3+3aq. Comme on l'a vu précédemment, M. Berlin considère la terbine comme un simple mélange d'erbine et d'yttria : les propriétés que j'ai décrites plus haut me semblent incompatibles avec cette manière de voir; pour M. Bahr, la question de la non-existence de la terbine ne paraît pas complétement tranchée.

Yttria.

Dans l'ordre de l'énergie basique cette terre est la première du groupe. Faute de l'avoir assez purifiée, j'ai dit dans mon précédent travail qu'elle est jaune très-pâle : cette assertion était erronée : soit anhydre, soit hydratée[1], l'yttria est parfaitement blanche, comme les deux autres,

[1] C'est à tort que M. Popp regarde la couleur blanche de l'yttria comme accidentelle et l'attribue à un mélange de potasse ou de chaux.

elle se carbonate facilement, décompose les sels ammoniques, se combine avec tous les acides, avec dégagement de chaleur s'ils sont concentrés et donne des dissolutions sucrées. Ses sels sont dépourvus de la propriété de montrer un spectre d'absorption.

Sa couleur blanche ne peut la faire confondre qu'avec l'oxyde lanthanique : on distinguera au mieux ces deux bases par la forme cristalline et la composition centésimale de leur sulfate simple ; de plus le sulfate yttrico-potassique est soluble dans l'eau pure et mieux encore dans celle qui contient du sulfate de potasse, ce qui n'est pas le cas du sel de lanthane.

Dosage des terres de la gadolinite.

Dans l'analyse des sels doubles à base d'alcali fixe et d'yttria (ou erbine et terbine), le meilleur moyen pour doser la terre consiste à la précipiter par la potasse caustique en prenant, pour opérer, toutes les précautions recommandées dans la *Chimie analytique* de Rose. Si le sel est simple ou seulement combiné avec un sel ammonique, il est préférable d'opérer à froid en remplaçant la potasse par l'oxalate d'ammoniaque ; les liqueurs doivent être aussi neutres que possible à cause de la solubilité très appréciable des oxalates terreux dans les acides étendus. Le précipité, quoique ténu, se rassemble très-bien et se lave facilement ; il traverse volontiers le filtre, quand on a fait passer une ou deux fois de l'eau dessus, mais on obvie à cet inconvénient par l'addition d'une petite quantité de nitrate ou de chlorure ammonique. Il est nécessaire d'effectuer la calcination dans un creuset ouvert, parce que les oxalates de ce groupe laissent tous des carbures en se décomposant hors du contact

de l'oxygène, ce que l'on reconnaît à la couleur noire du résidu ; quand, au bout de quelques minutes, la terre est franchement blanche ou jaune, on remet le couvercle et l'on donne un bon coup de feu pour chasser les dernières portions d'acide carbonique. Pour des recherches très-précises, il faut éliminer le faible excès d'oxygène que retient la terre : un courant d'hydrogène amené de la manière habituelle dans le creuset par un tube traversant le couvercle, suffit pour cela. Les résultats obtenus par cette méthode sont d'une rigoureuse exactitude.

Après avoir établi avec certitude, me paraît-il, l'existence individuelle des trois terres de la gadolinite, et confirmé ainsi les beaux résultats de Mosander, il me reste à faire connaître plusieurs sels dont l'étude est bientôt achevée, et à déterminer d'une manière plus précise le poids atomique de l'erbium, de l'yttrium et du terbium : ce sera l'objet d'un prochain mémoire.

III

NOTE SUR LES SPECTRES D'ABSORPTION DU DIDYME, DE L'ERBIUM ET DU TERBIUM.

Le spectre d'absorption du didyme, décrit en premier lieu par M. Gladstone, est bien connu des chimistes, il n'en est pas de même ceux du terbium et de l'erbium. M. Bahr à qui on en doit la découverte, les a fait connaître à l'Académie des sciences de Stockholm, mais ils sont simplement indiqués dans les *Oefversigt af Kongl. Ventensk. Akad. Forhandlingar.*

J'ai pensé qu'il serait commode d'avoir réunies les descriptions détaillées de ces trois spectres dont la con-

naissance est si précieuse pour distinguer l'erbine, la terbine et l'oxyde de didyme.

Une dissolution *très-étendue* de nitrate didymique, examinée sous l'épaisseur de 7 ou 8 cent., montre trois raies noires, peu nettes, que je désigne dans la figure 3 par *a*, *b*, *c*. Ce spectre se confond avec celui du terbum ; on pourrait, d'après cela, révoquer en doute l'existence de ce dernier métal ; mais le nitrate terbique même fondu en un verre limpide, ne laisse apparaître aucune raie nouvelle, les autres sont seulement un peu élargies et beaucoup plus noires. Il n'en est pas ainsi avec le didyme : quand une partie de l'eau a été chassée par l'évaporation, les trois raies ci-dessus se transforment en bandes très-foncées, en même temps il en surgit quatre autres indiquées par les lettres *d*, *e*, *f*, *g* ; le tout constitue le spectre habituel du didyme ; cependant avec des liqueurs très-concentrées on peut observer en plus les lignes *h*, *i* et une ou deux autres difficiles à distinguer dans le violet. L'erbium donne ordinairement cinq raies et bandes et huit quand il est sous forme de dissolution sirupeuse. Er^{a} persiste même après la disparition de toutes les autres. (Fig. 1.)

Comme je viens de le dire, le terbium est caractérisé par trois bandes dont deux seulement sont très-nettes, la troisième Tr^{c} se distingue mal[1]. (Fig. 2.)

En déterminant les positions au moyen d'une échelle graduée de sorte que $Na=27$ $Li^{a}=10$ et Tl 43 j'ai trouvé que :

[1] Peut-être même ne lui appartient-elle pas.

Di^{h} =	9	*Tr*^{a} =	30-32	*Er*^{f} =	9
i	19	*b*	48-50	*d*	14
a	28-32	*c*	85-89	*g*	16
b	48-50			*h*	42
d	54-55			*e*	44
e	66-67			*a*	48-50
g	70			*b*	65
f	73-75			*c*	85-90
c	85-91				

Au delà, les positions sont incertaines, sauf peut-être *k*=107-110.

Comme on le voit, deux bandes sont communes aux trois éléments (*Di*^{b}, *Tr*^{b}, *Er*^{a} et *Di*^{c}, *Tr*^{c}, *Er*^{c}) et *Er*^{f} se confond avec *Di*^{h}.

IV

NOTE SUR LES CARBURES DES MÉTAUX YTTRO-CÉRIQUES.

Vient-on à décomposer par la chaleur, dans un creuset rempli et fermé, ou mieux, dans un tube traversé par un courant d'hydrogène pur et sec, le formiate ou l'oxalate de cérium, on obtient une poudre noire grisâtre qui s'allume et brûle au contact de l'air comme l'amadou, si on la projette encore chaude sur une feuille de papier ou tout autre corps mauvais conducteur du calorique. Cette poudre demeure inaltérable après le refroidissement et on peut alors la conserver, sans qu'elle change d'aspect dans un vase découvert ; mise en digestion dans de l'acide chlorhydrique étendu, elle dégage lentement de petites bulles gazeuses dépourvues d'odeur. Au bout de deux ou trois jours, la liqueur contient une certaine

quantité de chlorure céreux, tandis qu'il reste un abondant résidu noir, dense, à peine attaquable par les acides minéraux, même concentrés et chauds : ce produit est un carbure à proportions définies qui peut se représenter par la formule $Ce\ C^2$, malgré un excès de carbone qui varie de deux à quatre centièmes d'une préparation à l'autre.

Le carbure de cérium n'est pas un corps nouveau ; Göbel l'a obtenu autrefois au moyen du formiate, Mosander et tout récemment M. Popp l'ont préparé par l'oxalate : le second de ces chimistes en avait même fait une analyse exacte ; quant à Göbel et à M. Popp, ils l'ont décrit comme du cérium métallique.

Les formiates de lanthane et de didyme, les oxalates des mêmes bases et ceux d'yttria, d'erbine et de terbine donnent aussi naissance, par leur décomposition, à des carbures doués de la plus grande analogie avec celui du cérium les acides paraissent pourtant les attaquer un peu plus facilement. J'ai eu souvent l'occasion d'observer leur production dans le cours de mes recherches, quand je calcinais plusieurs grammes à la fois d'oxalate d'yttria, d'erbine et de terbine dans un creuset de platine étroit et profond : leur présence est incommode dans une terre destinée à être redissoute.

Les formiates prennent en se décomposant un mouvement tout à fait semblable à celui d'un liquide en ébullition et ils s'échappent par les moindres interstices, en brûlant comme des fusées [1] ; cet inconvénient rend bien

[1] Les traités de chimie citent ordinairement le formiate de plomb comme le moins soluble de tous ; cependant celui de cérium, et surtout ceux de lanthane et de didyme le laissent bien en arrière sous ce rapport.

préférable l'emploi des oxalates pour la préparation de ces carbures.

Dans un travail spécial je ferai connaîtres les diverses circonstances qui se rattachent au mode curieux de décomposition des formiates et des oxalates sur lesquels je viens d'attirer l'attention : mes expériences ne sont pas assez avancées pour me permettre de le représenter par une équation.

Genève, 20 décembre 1864.

SUR LES

RADIATIONS OBSCURES ET LUMINEUSES

PAR

M. JOHN TYNDALL[1].

---

1. Sir William Herschel a découvert les rayons obscurs du soleil et démontré que la position du maximum de chaleur est située au delà du rouge dans le spectre solaire[2]. Quarante ans plus tard, Sir John Herschel a réussi à obtenir une représentation graphique du spectre calorifique, et à prouver d'une manière frappante et visible son extension au delà du rouge[3]. Melloni a montré qu'une très-grande partie des radiations émises par une flamme d'huile ou d'alcool, ou par du platine incandescent chauffé par une flamme d'alcool, sont obscures[4]. Le Dr Akin, en se basant sur le petit nombre de rayons lumineux et visibles émis par une flamme d'hydrogène et le petit nombre des rayons extra-violets qu'elle contient, d'après les expériences du Dr Miller, a conclu

[1] Traduction d'un mémoire publié par le *Philosophical Magazine*, novembre 1864.

[2] *Phil. Trans.* 1800.

[3] *Phil. Trans.* 1840. J'espère qu'il me sera possible de m'occuper prochainement des résultats remarquables, décrits dans la note III du mémoire de Sir J. Herschell.

[4] *La Thermochrose*, p. 34.

que la radiation de la flamme d'hydrogène doit être surtout extra-rouge, et il a admis d'après cela que l'incandescence d'un fil de platine dans une flamme d'hydrogène, ainsi que l'état de la lumière Drummond dans la flamme d'hydro-oxygène, était produite par un changement dans la période des vibrations[1]. Je suis moi-même arrivé à la même conclusion, par un autre mode de raisonnement, comme je l'ai publié plus tard [2].

2. Il manquait cependant encore une démonstration expérimentale directe du caractère de la radiation émanant d'une flamme d'hydrogène, et c'est cette lacune que j'ai cherché à combler. J'ai fait construire par M. Becker un jeu complet de pièces en sel gemme pouvant se substituer au jeu ordinaire de pièces en verre d'une lampe électrique de Duboscq. Une double lentille de sel gemme placée dans la chambre de la lampe rendait les rayons parallèles. Ces rayons passaient ensuite à travers une fente, et une seconde lentille de sel gemme, placée en dehors de la chambre, produisait, à une distance convenable, une image de cette fente. Derrière cette lentille était placé un prisme de sel gemme, et l'on avait disposé latéralement une pile thermo-électrique destinée à examiner le spectre produit par le prisme. Dans l'intérieur de la chambre de la lampe électrique était placé un bec à simple ouverture, en sorte que la flamme qui en sortait occupait la position habituelle des pointes de charbon. Ce bec était relié avec une pièce en T, d'où partaient deux tuyaux de caoutchouc, dont l'un communiquait avec un grand réservoir d'hydrogène, et l'autre avec les tuyaux de gaz d'éclairage du laboratoire. Je pouvais ainsi, à vo-

[1] *Rapport de l'association britannique*, 1863.
[2] *Phil. Trans.*, vol. CLIV, p. 327.

lonté, produire une flamme de gaz d'éclairage, ou une flamme d'hydrogène. En employant la première, j'avais un spectre visible qui me permettait de placer la pile thermo-électrique dans une position convenable. Pour obtenir la flamme hydrogène, il suffisait de faire arriver l'hydrogène jusqu'à ce qu'il atteignît la flamme du gaz et qu'il s'enflammât, puis ensuite de fermer le robinet du gaz, et de laisser la flamme d'hydrogène seule. De cette façon on pouvait substituer l'une des flammes à l'autre sans ouvrir la porte de la chambre de la lampe et sans produire aucun changement dans la position de la source, des lentilles, du prisme ou de la pile.

3. La pile thermo-électrique que j'ai employée est un excellent instrument construit par Ruhmkorff et appartenant à mon ami M. Gassiot. Il consiste en un seul rang d'éléments soigneusement montés et attachés à un double écran de laiton. Il est muni en avant de deux lames argentées, qui au moyen d'une vis peuvent s'avancer à volonté devant la pile, de façon à rendre sa face aussi étroite qu'on le désire ; on peut la réduire à la largeur du cheveu le plus fin, ou même la fermer complétement.

Au moyen d'un petit manche et d'une longue vis, on peut mettre doucement en mouvement la plaque de laiton et la pile qui y est attachée, et transporter ainsi la fente verticale de la pile au travers du spectre entier, ou la placer en dehors de ses limites dans les deux sens. La largeur du spectre était toujours égale à la longueur de la face de la pile, et cette dernière était mise en communication avec un galvanomètre extrêmement délicat

4. J'ai commencé avec une flamme de gaz lumineuse. Le spectre étant projeté sur l'écran de laiton (qui, pour

rendre les couleurs plus visibles, était couvert d'une feuille d'étain), on mit graduellement la pile en mouvement dans la direction du bleu au rouge, jusqu'à ce que la déviation du galvanomètre devînt un maximum. Pour l'atteindre, il fallut passer entièrement à travers le spectre et arriver un peu au delà du rouge ; la déviation observée était alors de 30°.

En mettant la pile en mouvement dans une direction quelconque à partir de cette position, la déviation diminuait.

5. On a substitué ensuite la flamme d'hydrogène à celle du gaz d'éclairage; le spectre visible disparut, et la déviation tomba à 12°. Par conséquent, pour ce qui concerne les rayons de cette réfrangibilité particulière, l'émission de la flamme de gaz lumineuse était deux fois et demie plus grande que celle de la flamme d'hydrogène.

6. En déplaçant ensuite la pile, quelle que fût la direction du mouvement, la déviation diminuait. Le maximum de déviation pour la flamme d'hydrogène était donc de 12° et la position de la pile, déterminée auparavant à l'aide de la flamme lumineuse, montrait que cette déviation était produite par les ondulations extra-rouges. Je déplaçai alors un peu la pile, de manière à réduire la déviation de 12° à 4°, puis afin de m'assurer de la réfrangibilité des rayons qui produisaient cette petite déviation, je rallumai le gaz d'éclairage : je trouvai ainsi que la surface rectiligne de la pile atteignait le rouge. En faisant passer successivement la pile par les positions correspondant aux diverses couleurs et aux rayons extra-violet, on ne put apercevoir aucune déviation appréciable avec la flamme d'hydrogène.

7. Je plaçai ensuite la pile à quelque distance du spectre invisible de la flamme d'hydrogène, et je cherchai le spectre en mettant la pile en mouvement. L'ayant trouvé, j'atteignis sans difficulté le point maximum de chaleur. Sans rien changer à l'appareil, je substituai la flamme lumineuse à celle qui ne l'était pas; on reconnut ainsi que la position de la pile était au delà du rouge.

8. Il est ainsi démontré que la radiation de la flamme d'hydrogène est sensiblement extra-rouge. Les autres constituants de la radiation sont si faibles qu'ils sont thermiquement presque insensibles. Par conséquent, lorsqu'un corps est porté à l'incandescence par une flamme d'hydrogène, les périodes de vibrations de ses atomes doivent être plus courtes que celles auxquelles est due la radiation de la flamme elle-même.

9. La chute de déviation de 30° à 12° lorsqu'on substitue la flamme d'hydrogène à la flamme de gaz est due sans aucun doute à l'absence de toute matière solide dans le premier cas. Mais on peut, en introduisant une substance solide, rendre la radiation qui émane de la flamme d'hydrogène beaucoup plus grande que celle de la flamme de gaz d'éclairage. Une spirale de fil de platine plongée dans la flamme d'hydrogène donne un maximum de déviation de 52°, tandis que la déviation maximum de la flamme de gaz était seulement de 33°.

10. C'est principalement par convection que la flamme d'hydrogène disperse sa chaleur; quoique sa température soit très-élevée, ses molécules très-écartées ne peuvent pas entrer en comparaison, comme énergie de radiation, avec le charbon solide de la flamme lumineuse. La même chose est vraie pour la flamme de la lampe de Bunsen; au moment où l'air qui détruit les particules

de carbone solides se mélange avec la flamme de gaz, la radiation s'affaiblit considérablement. Réciproquement, il se produit un flux de chaleur rayonnante si l'on empêche l'arrivée de l'air qui dépouillait la flamme de gaz de son éclat. Par conséquent, lorsque nous introduisons un fil de platine dans la flamme d'hydrogène, ou des particules de charbon dans la flamme de Bunsen, non-seulement nous obtenons des ondes d'une période nouvelle, mais aussi nous convertissons une grande portion de la chaleur de convection en chaleur de radiation.

11. L'action était encore très-sensible quand la distance de la pile à partir de l'extrémité rouge du spectre était aussi grande que la distance des rayons violets aux rayons rouges ; ainsi le spectre calorifique était au moins aussi long que le spectre lumineux.

12. MM. Bunsen et Kirchhoff ont prouvé que, pour les vapeurs métalliques incandescentes, la période est indépendante de la température entre des limites étendues. Mes propres expériences sur les flammes d'hydrogène et d'oxyde de carbone prises comme sources calorifiques, et sur la vapeur aqueuse à basse température et l'acide carbonique employés comme milieu absorbant, conduisent à la même conclusion. Mais avec les métaux solides, une augmentation de température produit des ondulations de périodes plus courtes dans la radiation. On peut se demander ce que deviennent les longues périodes obscures quand on élève la température ? Sont-elles détruites ou changées en périodes plus courtes, ou se maintiennent-elles encore à côté de nouvelles vibrations ? La question mérite d'être résolue par l'expérience.

13. Une spirale de fil de platine convenablement sup-

portée a été disposée dans la chambre de la lampe électrique au point habituellement occupé par les pointes de charbon. Cette spirale était mise en communication avec une pile voltaïque, et en faisant varier la résistance du courant, on pouvait graduellement élever la spirale d'une température où elle était obscure à une forte chaleur blanche. Si on la portait en premier lieu au rouge blanc, en plaçant le jeu d'appareils de sel gemme sur le passage des rayons, on obtenait un brillant spectre; et l'on amenait la pile dans la région des rayons obscurs au delà du rouge du spectre. En changeant la force du courant, toutes les autres conditions restant les mêmes, la spirale devenait obscure, et la température s'abaissait jusqu'à faire tomber la déviation du galvanomètre à 1°. Notre question est la suivante : Que deviennent les ondulations qui produisent cette déviation, lorsqu'on produit des ondulations nouvelles en augmentant la température de la spirale?

14. En faisant passer la spirale de cet état d'obscurité à divers degrés d'incandescence, on a obtenu les déviations suivantes :

TABLEAU I.

Apparence de la spirale.	Déviation produite par les rayons obscurs.
Non-incandescent.	1°
Non-incandescent.	6
Rouge léger	10,4
Rouge sombre.	12,5
Rouge	18,0
Rouge franc.	27,0
Rouge vif.	44,4
Presque blanc	54,3
Blanc complet	60,0

15. La déviation de 60° obtenue ici équivaut à 122 des premiers degrés du galvanomètre. Par conséquent, l'intensité des rayons obscurs dans le cas de la chaleur rouge blanc est 122 fois celle des rayons de réfrangibilité égale émis par la spirale non-incandescente au commencement de l'expérience. Ou, comme l'intensité est proportionnelle au carré de l'amplitude, la *hauteur* des ondes de l'éther qui produisent la dernière déviation, était onze fois celle des ondes qui produisaient la première déviation. La longueur d'ondulation demeurait constamment la même.

16. Par conséquent, la réponse expérimentale à la question ci-dessus proposée, est que l'amplitude des anciennes ondulations est augmentée par l'élévation de température, qui en même temps donne naissance aux nouvelles ondulations. Dans le fait les rayons obscurs sont dans le même cas que les rayons lumineux (par exemple que les rayons rouges du spectre) qui brillent avec un éclat d'autant plus vif que la température de la source est plus élevée.

17. Dans mon dernier mémoire[1] j'ai montré la transparence étonnante que possède l'iode pour les ondulations extra-rouges. On obtient une solution parfaitement opaque de cette substance en la dissolvant dans du sulfate de carbone, et j'ai fait voir dans le mémoire cité qu'une quantité d'iode suffisante pour arrêter la lumière de nos plus brillantes flammes, transmet 99 pour 100 de la radiation d'une flamme d'hydrogène.

18. Cinquante expériences récentes sur la chaleur rayonnante d'une flamme d'hydrogène, donnent 100 pour

[1] *Phil. Trans.* pour 1864. — Nous avons donné un extrait de ce mémoire (Voyez *Archives*, 1864, t. XX, p. 152.)

100 pour la transmission de ses rayons à travers une quantité d'iode qui est parfaitement opaque à la lumière.

Ainsi, d'après ces expériences, l'iode dissout est *parfaitement transparent pour la radiation d'une flamme d'hydrogène.*

19. L'iode est aussi sensiblement transparent pour la radiation des corps solides chauffés au-dessous de l'incandescence.

20. Il est aussi sensiblement transparent pour les rayons obscurs émis par les corps lumineux.

21. Relativement à la radiation mélangée qui émane des corps solides à une très-haute température, le sulfure de carbone pur est aussi éminemment transparent. Par conséquent, comme le sulfure de carbone n'agit que légèrement sur les rayons obscurs émanant d'une source fortement lumineuse, et comme l'iode dissout ne semble pas du tout agir sur eux, nous avons dans la combinaison de ces deux substances un moyen de séparer presque complétement les rayons purement calorifiques des rayons lumineux.

22. Si les vibrations de longues périodes qui existent quand le corps rayonnant est à une basse température, se maintiennent, comme cela a été indiqué dans le paragraphe 14, à côté des nouvelles périodes introduites par l'augmentation de la température, il en résulte qu'un corps perméable à la radiation d'une source quelconque reste toujours perméable pour elle. Nous ne pouvons pas altérer assez le caractère de la radiation pour qu'un corps qui a été une fois dans une proportion quelconque transparent pour elle puisse devenir complétement opaque à son égard. Nous pouvons, en augmentant la température, diminuer la proportion de la radiation totale trans-

mise par le corps ; mais si l'amplitude des anciennes vibrations augmente en même temps que la température qui produit les nouvelles vibrations, la quantité totale de chaleur d'une réfrangibilité donnée quelconque transmise par le corps doit augmenter en même temps que la température.

23. On peut mettre cette conclusion en évidence par l'expérience suivante. On a rempli une cellule dont les faces parallèles sont formées de sel gemme poli, avec une solution d'iode, et on l'a placée au devant de la chambre de la lampe dans laquelle se trouvait la spirale de platine ; derrière la cellule de sel gemme, on a placé une pile thermo-électrique ordinaire, pour recevoir les rayons qui pouvaient traverser la solution. La lentille de sel gemme a été disposée devant dans la chambre, mais on n'a employé qu'une petite partie du faisceau du rayon parallèle émanant de la lampe. En commençant par une température très-basse, on a augmenté graduellement la température jusqu'à l'incandescence complète et l'on a obtenu les résultats suivants :

TABLEAU II.

Apparence de la spirale.	Déviation.
Non-incandescent	1°
Non-incandescent, mais encore plus chaud	3
Non-incandescent, mais encore plus chaud	5
Non-incandescent, mais encore plus chaud	10
Rouge faible	19
Rouge sombre	25
Rouge	35
Rouge franc	45
Rouge vif	53
Rouge très-vif	63
Presque blanc	69
Blanc	75
Blanc intense	80

24. La solution était tout à fait opaque pour les rayons lumineux de la spirale chauffée au blanc intense; mais bien que l'introduction de ces rayons ait diminué le rapport de la quantité de rayons transmis à la radiation totale, la valeur absolue de la quantité transmise avait énormément augmenté. La valeur de la dernière déviation est 440 fois celle de la première; par conséquent, en élevant la spirale de platine de l'obscurité à la chaleur blanche, nous augmentons l'intensité des rayons obscurs qu'elle émet dans le rapport de 1 : 440.

25. On a placé une cellule de sel gemme remplie de sulfate de carbone transparent devant la chambre qui contient la spirale de platine élevée à une chaleur blanc-éclatant. Puis on a remplacé le liquide transparent par la solution d'iode. Les déviations observées respectivement dans les deux cas étaient:

Radiation du platine chauffé à blanc :

à travers le CS^2 transparent.	à travers la solution opaque.
73°,9	73°,0
73°,8	72°,9

Tous les rayons lumineux passaient à travers le sulfure de carbone transparent, aucun d'eux ne passait à travers la solution d'iode. Cependant nous voyons quelle petite différence produit leur disparition. La proportion actuelle des rayons lumineux aux rayons obscurs, peut être calculée comme suit :

26. *En divisant en vingt-quatre parties égales la radiation d'un fil de platine porté au blanc éclatant au moyen d'un courant électrique, une de ces parties est lumineuse et vingt-trois sont obscures.*

27. On a substitué une brillante flamme de gaz à la

spirale de platine; le sommet et la base de la flamme étaient cachés, et les parties les plus brillantes employées comme la source des rayons. Le résultat de quarante expériences avec cette source peut être exprimé de la manière suivante :

28. *En divisant en vingt-cinq parties égales la radiation de la partie la plus brillante de la flamme de gaz d'éclairage, une de ces parties est lumineuse et vingt-quatre sont obscures.*

29. J'ai examiné ensuite le rapport des rayons obscurs aux rayons lumineux dans la lumière électrique. On a employé une pile de cinquante éléments et on a disposé les lentilles de sel gemme pour rendre parallèles les rayons partant des pointes de charbon. Pour éviter que la déviation ne devînt trop grande, on faisait passer les rayons parallèles au travers d'une ouverture circulaire d'un dixième de pouce de diamètre, et on les dirigeait alternativement à travers le sulfure transparent et la solution opaque. Il n'est pas facile d'obtenir une régularité parfaite de la lumière électrique, mais trois expériences soigneusement exécutées ont donné les déviations suivantes :

Radiation de la lumière électrique

à travers le CS^2 transparent.	à travers la solution opaque.
Expérience n° 1.	
72°.0	70°.0
Expérience n° 2 :	
76°,5	75°.0
Expérience n° 3 :	
77°,5	76°.5

Calculant d'après ces chiffres la proportion de chaleur obscure et de chaleur lumineuse, on peut exprimer ainsi le résultat :

30. *En divisant en dix parties égales la radiation de la lumière électrique émise par des pointes de charbon avec une pile de Grove de quarante éléments, une de ces partie est lumineuse et neuf sont obscures.*

31. On peut présenter ces résultats en tableau de la manière suivante :

TABLEAU III. — *Radiation à travers l'iode dissout :*

Source.	Absorption.	Transmission.
Spirale obscure.........	0	100
Noir de fumée à 212° Fahr.	0	100
Spirale chauffée au rouge..	0	100
Flamme d'hydrogène.....	0	100
Flamme d'huile.........	3	97
Flamme de gaz.........	4	96
Spirale chauffée à blanc...	4,6	95,4
Lumière électrique.......	10	90

En multipliant les expériences, on arriverait peut-être à des résultats légèrement différents, mais ceux que nous venons de donner sont très-près de la vérité.

32. Ayant ainsi trouvé dans la solution d'iode un moyen de séparer presque parfaitement les rayons de chaleur lumineux des rayons obscurs pour une source quelconque, nous pouvons opérer à volonté sur ces derniers. En voici quelques exemples : On a disposé les lentilles de sel gemme dans la chambre de la lampe, de manière que les pointes de charbon elles-mêmes et leur image fussent à égale distance des lentilles. En employant une pile de quarante éléments, on voyait facilement dans l'air la trace du cône de rayons émanant de

la lampe, et l'on pouvait ainsi aisément déterminer leur point de convergence. On plaça alors la cellule contenant la solution opaque devant la lampe. Le cône lumineux fut ainsi intercepté; mais la température intolérable du foyer, lorsqu'on y mettait la main, montrait que les rayons calorifiques étaient encore transmis. Des lames minces d'étain et de zinc successivement placées au foyer obscur se fondaient rapidement, des allumettes y prenaient feu, du coton-poudre y faisait explosion, et du papier brun s'y enflammait. En employant la solution d'iode et une pile de soixante éléments de Grove, on a obtenu aisément les mêmes résultats en se servant des lentilles en verre ordinaire de la lampe électrique de Duboscq. Ils ne pourront manquer de satisfaire ceux qui répéteront ces expériences. Il est très-intéressant d'observer au milieu de l'air, dans un espace parfaitement obscur un morceau de papier noir instantanément percé par ces rayons invisibles, et l'anneau enflammé s'étendant de tous côtés à partir du centre d'ignition.

33. Le 15 de ce mois j'ai fait quelques expériences avec la lumière solaire. Le ciel n'était pas tout à fait pur et l'atmosphère de Londres n'était pas complétement débarrassée de fumée, en sorte qu'en tout cas je ne pouvais obtenir qu'une portion de l'action que j'aurais eue par un temps clair. J'avais par hasard à ma disposition une lentille creuse, que je remplis avec la solution concentrée d'iode. En la plaçant sur le chemin des rayons solaires, on apercevait un faible anneau rouge sur un écran de papier blanc tenu derrière la lentille; l'anneau se réduisait à une légère tache rouge, lorsque l'écran était au foyer de sa lentille. On reconnut immédiatement que cet anneau était produit par la lumière qui traversait

la partie mince du bord de la lentille liquide. En collant une zone de papier noir autour du bord, on fit complétement disparaître l'anneau, et aucune trace de la lumière solaire ne traversait la lentille. Au foyer une lumière quelconque aurait été augmentée neuf cents fois, malgré cela aucune lumière n'était visible.

34. Mais il n'en était pas de même des rayons obscurs du soleil ; le foyer était brûlant. Un morceau de papier noir était immédiatement percé et allumé ; et en déplaçant le papier il s'y formait rapidement ouverture après ouverture. La poudre à canon y faisait aussi explosion. Dans le fait, on avait au foyer des rayons obscurs du soleil, une chaleur évidemment plus puissante que celle de la lampe électrique condensée de la même manière, et tous les effets obtenus avec cette dernière peuvent être obtenus d'une manière encore plus forte avec la chaleur du soleil.

35. J'ai disposé une lentille de verre plan convexe, plus grande que la lentille opaque dont nous venons de parler, sur le passage des rayons du soleil. Le foyer sur papier blanc était d'un éclat éblouissant, et dans ce foyer on obtenait les résultats déjà décrits. Je disposai alors une cellule contenant une solution d'alun au devant du foyer. L'intensité de la lumière au foyer n'était pas sensiblement changée ; cependant ces rayons presque intolérables à la vue, accompagnés comme ils l'étaient par une quantité considérable de rayons invisibles qui avaient aussi passé à travers l'alun, étaient incapables de produire des effets facilement obtenus dans le foyer obscur de la lentille opaque.

36. Pensant que cette réduction de puissance pouvait provenir de la perte de chaleur par réflexion sur les

faces de la cellule de verre, je mis à la place une cellule de sel gemme remplie de la solution opaque. Derrière cette cellule les rayons manifestaient le même pouvoir qu'ils possédaient dans le foyer de la lentille opaque.

37. On n'est pas encore parvenu à rendre les métaux incandescents au moyen de rayons obscurs. C'est une question dont le Dr Akin s'occupe depuis quelques années, et ce n'est pas mon intention de rien publier sur ce sujet jusqu'à ce que les expériences ingénieuses qu'il a imaginées aient été suffisamment essayées.

38. Les expériences de Melloni l'ont amené à conclure que le sel gemme transmet également les rayons lumineux et les rayons obscurs, et qu'une solution d'alun d'épaisseur moyenne intercepte entièrement les rayons invisibles, tandis qu'il permet le passage de tous les rayons lumineux. Dès lors la différence entre la transmission du sel gemme et celle de l'alun, devrait exprimer la radiation obscure. De cette manière Melloni a trouvé que 10 pour 100 seulement de la radiation d'une flamme d'huile consiste en rayons lumineux. La méthode ci-dessus employée prouve que le rapport de la chaleur lumineuse à la chaleur obscure dans le cas de la flamme d'huile n'est probablement pas plus d'un tiers de ce que Melloni l'évaluait.

39. Dans le fait, ce savant distingué a bien vu la possibilité de l'inexactitude de cette conclusion, qu'aucun rayon non lumineux n'est transmis par l'alun ; et les expériences suivantes justifient les doutes qu'il avait à ce sujet.

On a placé la solution d'iode devant la lampe électrique, les rayons lumineux étaient par conséquent interceptés. Derrière la cellule de sel gemme contenant la

solution opaque, était placée une cellule de verre, d'abord vide. Les rayons obscurs qui passaient au travers des deux cellules, produisaient une déviation de 80°.

On a alors rempli la cellule de verre avec une solution concentrée d'alun: la déviation produite par les rayons obscurs passant à travers les deux solutions était de 50°.

D'après les valeurs de ces déviations, on trouve que, *sur les rayons obscurs sortant de la solution d'iode et des faces de la cellule de verre, 20 pour cent sont transmis par l'alun.*

40. Un point très-important à signaler ici, c'est la grande différence pratique qui peut exister entre les deux expressions « rayons obscurs » et « rayons émanant d'une source obscure. » Plusieurs écrivains semblent regarder ces expressions comme équivalentes, et sont ainsi conduits à des erreurs graves. — Une couche d'une solution d'alun de $^1/_{25}$ de pouce d'épaisseur est, d'après Melloni, complétement opaque à la radiation de tous les corps chauffés à une température inférieure à celle de l'incandescence. Dans les expériences précédentes, la couche de la solution d'alun traversée par les rayons obscurs de notre source lumineuse avait trente fois l'épaisseur de celle que Melloni considérait comme suffisante pour arrêter tous les rayons émanant des sources obscures.

41. Il ne peut y avoir aucun doute que les rayons invisibles qui sont capables de traverser une telle épaisseur du liquide le plus *athermane* que l'on connaisse jusqu'ici, sont aussi capables de traverser les humeurs de l'œil. Les intéressantes expériences de M. Janssen [1]

[1] *Annales de Chimie et de Physique*, t. LX, page 71.

prouvent que les humeurs de l'œil absorbent une quantité de chaleur rayonnante exactement égale à celle qu'absorbe une couche d'eau de la même épaisseur, et dans notre solution le pouvoir de l'alun s'ajoute à celui de l'eau. Des expériences directes sur l'humeur vitrée d'un bœuf, m'ont conduit à conclure que la cinquième partie des rayons obscurs émis par une lumière électrique intense, atteint la rétine, et comme sur dix parties égales de la radiation d'une lampe électrique, neuf consistent en rayons obscurs, il s'ensuit que près des deux tiers de la radiation totale qui atteint la rétine, dans le cas de la lumière électrique, sont incapables d'exciter la vision. En prenant comme source une spirale de platine chauffée à blanc, la moyenne de quatre bonnes expériences a donné une transmission de 11, 7 pour cent des rayons de chaleur obscure émanant de la spirale au travers d'une couche d'eau distillée de $^1/_2$ pouce d'épaisseur. Une proportion plus grande encore atteint sans doute la rétine[1].

42. Après avoir rendu convergents, les rayons d'une lampe électrique au moyen d'une lentille de verre, j'ai placé la solution opaque d'iode devant mon œil ouvert, et j'ai amené l'œil au foyer des rayons obscurs ; la chaleur devenait immédiatement insupportable. Mais il me sembla que l'effet désagréable était surtout dû à l'action des rayons obscurs sur les paupières et les autres parties opaques qui entourent l'œil. En conséquence, j'ai coupé dans une carte une ouverture un peu plus grande que la pupille, et j'ai laissé entrer dans mon œil par cette ouverture les rayons calorifiques concentrés. La sensation

[1] M. Franz a montré qu'une portion des rayons obscurs du soleil atteint la rétine.

de la chaleur disparut entièrement. Non-seulement ces rayons reçus de cette manière sur la rétine étaient incapables d'exciter la vision, mais le nerf optique semblait incapable de les percevoir, même comme chaleur. Si j'avais permis au tiers lumineux du faisceau condensé d'entrer dans mon œil, quelles auraient été les conséquences? C'est ce que je ne puis dire, et je ne serais pas tenté d'en faire l'expérience.

43. Par une nuit assez claire, une flamme de bougie peut facilement se voir à la distance d'un mille. L'intensité de la lumière électrique que j'employais est 650 fois celle d'une bonne bougie artificielle, et comme la radiation non lumineuse des pointes de charbon qui atteignent la rétine est égale à deux fois la radiation lumineuse, il s'ensuit qu'à une distance approximative d'un pied, l'énergie des rayons invisibles de la lumière électrique qui atteignent le nerf optique, mais qui sont incapables de provoquer la vision, est 1300 fois celle de la lumière d'une bougie. Mais l'intensité de la lumière de la bougie à la distance d'un mille, est moins de la vingt millionième partie de son intensité à la distance d'un pied; dès lors, la force qui rend la lumière visible à un mètre de distance devait être multipliée par 1300, ×20,000,000, soit par vingt-six mille millions, pour égaler l'intensité de cette radiation impuissante que l'œil reçoit d'une lumière électrique à un pied de distance. Il me semble que rien ne peut mieux rendre compte de la relation toute spéciale qui existe entre le nerf optique et les périodes de vibration des corps lumineux. Le nerf, comme une corde musicale, répond aux périodes avec lesquelles il est en accord, tandis qu'il ne peut être excité par d'autres vibrations d'une énergie beaucoup

plus grande, qui ne sont pas à l'unisson avec sa période propre.

44. J'ai déjà montré, au moyen d'une solution opaque d'iode, que la quantité de chaleur lumineuse émise par une spirale de platine au rouge vif est excessivement petite[1]. Voici quelques déterminations qui ont été faites depuis avec la même source de chaleur, et une solution d'iode dans l'iodure d'éthyle, la concentration et l'épaisseur de la solution étant telles qu'elles interceptaient entièrement les rayons lumineux.

Radiation d'une spirale chauffée au rouge

à travers le liquide transparent.	à travers la solution opaque.
43°.	43°, 7
43,7	43, 7

Ces expériences ont été faites avec un soin excessif, et toutes les conditions étaient favorables à la manifestation de la plus petite différence dans la somme de chaleur atteignant la pile; on a trouvé cependant que la quantité de chaleur transmise par la solution opaque et par le liquide transparent était la même. En d'autres termes, la radiation lumineuse interceptée par la solution opaque, quoique capable d'exciter vivement le sens de la vue, était absolument inappréciable, relativement à la force totale.

45. Et ici nous trouvons l'explication de diverses difficultés qui ont souvent embarrassé les expérimentateurs. Lorsque nous voyons une lumière vive incapable d'influencer nos appareils thermoscopiques les plus délicats, l'idée se présente naturellement que la lumière et

[1] *Phil. Trans.*, vol. CLIV.

la chaleur doivent être deux choses totalement différentes. La lumière pure sortant d'un système composé d'eau et de verre vert, même lorsqu'on la concentre, n'a, selon Melloni, aucun pouvoir calorifique sensible[1]. La lumière de la lune présente aussi un cas analogue. En la concentrant avec une lentille à échelon de plus d'un mètre de diamètre sur la face de sa pile, Melloni a eu besoin de toute son habileté pour rendre mesurable l'action calorifique. De telles expériences, cependant, ne démontrent pas que les deux agents soient différents, mais bien que le sens de la vision peut être excité par une quantité de force presque infiniment petite.

45. Nous pouvons encore présenter une remarque sur la possibilité d'appliquer la chaleur rayonnante aux signaux par les temps de brouillards. Théoriquement, si nos brouillards présentaient un caractère physique semblable à celui de l'iode dissout dans le sulfate de carbone, ou de la vapeur d'iode ou de brôme, il serait possible de transmettre au travers d'eux des flux puissants de chaleur rayonnante, même lorsque la lumière des lampes de nos phares serait déjà complétement arrêtée. Mais nos brouillards n'ont pas ce caractère, ils sont malheureusement constitués de façon à détruire très-énergiquement les rayons purement calorifiques; et ce fait, joint à la sensibilité merveilleuse de l'œil, amène à conclure que longtemps avant que la lumière de nos signaux cesse d'être visible, leur chaleur rayonnante a perdu le pouvoir d'affecter d'une façon sensible le plus délicat appareil thermoscopique que nous puissions employer pour la découvrir.

[1] *Taylor*, *Scientific Memoirs*, vol. I, page 392.

BULLETIN SCIENTIFIQUE.

ASTRONOMIE.

R.-C. CARRINGTON. OBSERVATIONS OF THE SPOTS ON THE SUN, etc. OBSERVATIONS DES TACHES DU SOLEIL, FAITES A REDHILL DE 1853 A 1861. 1 vol. grand in-4° de 250 pages et 166 planches; Londres, 1863.

J'ai eu déjà l'occasion de parler à plusieurs reprises, dans ce Recueil, des observations de taches du soleil poursuivies très-assidument par M. Carrington, dans l'observatoire particulier qu'il s'était fait ériger à Redhill, près de Londres, et où j'ai eu, en juin 1857, l'avantage d'assister à l'une de ses observations. Le volume que je viens annoncer ici comprend l'ensemble des dites observations, faites dans un intervalle d'environ 7 ans $^{1}/_{2}$. Sa publication, et celle des très-nombreuses planches jointes au texte, ont été facilitées par un don provenant du fonds mis par le gouvernement anglais à la disposition de la Société royale de Londres, pour les objets scientifiques de son ressort.

Le but principal que se proposait M. Carrington dans ses observations, était la détermination de la vraie période de rotation du soleil sur lui-même, et celle des mouvements systématiques ou courants à sa surface, s'il en existe de tels. Il a adopté un mode d'observation convenable pour ce but. Son instrument était un équatorial construit par Simms, dont la lunette avait 4 $^{1}/_{2}$ pouces anglais d'ouverture et 52 pouces de longueur focale. Il y adaptait un oculaire grossissant seulement 25 fois, de manière à avoir un champ d'un diamètre environ quadruple de celui du soleil. Au foyer de la lunette étaient placées deux petites

lames d'or, à angle droit l'une de l'autre, inclinées de 45 degrés à l'équateur et au cercle horaire. L'image du disque solaire et le réticule de la lunette se projetaient, à travers l'oculaire, sur un écran en verre dépoli, coloré en jaune pâle, et placé à une distance telle que l'image sur l'écran avait environ un pied de diamètre. Une fois la lunette convenablement fixée, M. Carrington observait les instants du passage aux deux fils du réticule des deux bords du soleil et de chaque tache, et en concluait, à l'aide d'éléments déjà connus et de formules trigonométriques assez simples : d'abord l'angle de position de la tache sur le disque du soleil et sa distance au centre de cet astre, puis la longitude et la latitude héliocentriques de la tache. M. Carrington s'est attaché aussi à dessiner les taches et groupes de taches aussi exactement que possible. Il a eu successivement pour aides dans ses observations, et surtout dans leur réduction, MM. Simmonds, J. Criswick, Schrœder et Von Bose. Le premier et le dernier de ces Messieurs lui ont été très-utiles aussi pour la préparation des dessins et l'achèvement de la réduction numérique des observations.

Le volume actuel se compose d'abord d'une section d'introduction, principalement relative au mode d'observation et de réduction adopté par l'auteur ; elle est accompagnée de quelques tables, qui ont servi à faciliter les calculs. La seconde section renferme, par ordre de date, le catalogue détaillé des positions de noyaux observées ; elle comprend, en une centaine de pages, 5290 observations, relatives à 954 groupes de taches. La troisième section, qui est aussi de près de cent pages, a pour objet la discussion de ces observations, principalement en vue de la détermination du mouvement diurne et de la durée de la rotation du soleil sur lui-même.

La comparaison du mouvement diurne des taches situées près de l'équateur solaire, ou à une certaine latitude au-dessus ou au-dessous de cet équateur, a servi à M. Carrington à démontrer un fait entrevu déjà par MM. Laugier et Ch. Péters : c'est qu'à

mesure que cette latitude héliocentrique augmente, le mouvement diurne des taches en longitude diminue de vitesse. Ainsi, tandis qu'il est à l'équateur de 865', soit de 14° 25' par jour, il n'est plus, à 50° de latitude, que d'environ 787', soit de 13° 7'. La formule empirique à laquelle l'auteur est parvenu, pour représenter le plus exactement possible, d'après l'ensemble de ses observations, la loi du mouvement diurne des taches en un jour solaire moyen, est, en représentant par l la latitude héliocentrique de la tache :

$$865' - 165' \sin. {}^{7}/_{4}\, l.$$

Le premier terme de cette formule donne pour l'équateur solaire une durée de rotation de 25 jours, à très-peu de chose près.

La quatrième section a pour objet les corrections à apporter, d'après l'ensemble des observations, aux éléments que M. Carrington avait adoptés provisoirement pour la position du plan de l'équateur solaire relativement au plan de l'écliptique. Il y parvient à des valeurs fort rapprochées de celles obtenues par M. Laugier en 1842, savoir 7°15' pour l'inclinaison de ces deux plans, et 73°40' pour la longitude du nœud de l'équateur solaire sur l'écliptique, au commencement de 1850.

Les trois dernières sections de l'ouvrage sont très-courtes. La cinquième est relative à la tendance qu'ont les taches à diverger. L'auteur en cite un certain nombre de cas, dans lesquels les taches se sont étendues et subdivisées, avec un mouvement giratoire dans la direction de la rotation autour du pôle de l'hémisphère sur lequel la tache est située, et il renvoie aux planches pour les détails. Il mentionne aussi divers cas où cette tendance n'a pas été observée.

La sixième section se rapporte à l'apparition réitérée de taches dans le même voisinage sur le disque du soleil, avec une telle variabilité de formes, qu'il est presque impossible de décider si ce sont des retours d'une même tache, ou si ce sont des taches différentes. L'auteur en cite un assez grand nombre d'exemples.

Enfin, dans la septième section, qui sert de conclusion à l'ouvrage, M. Carrington se réfère d'abord à un mémoire qu'il a publié précédemment, pour déduire des mouvements des taches normales l'évidence de l'existence et de l'étendue d'une atmosphère réfractive autour du soleil. Il renonce, pour le moment, à chercher une explication théorique du second terme de la formule rapportée plus haut, qui dépend de la latitude héliocentrique des taches. Le fait général que la rotation à l'équateur solaire est plus rapide qu'à une certaine distance au-dessus et au-dessous, lui paraît, cependant, fortement appuyer les vues exposées par le professeur W. Thomson dans son mémoire *Sur les énergies mécaniques du système solaire*, inséré dans le t. XXI des *Transactions de la Société royale d'Edimbourg*. M. Thomson, dans ce mémoire, dont j'ai fait mention dans le n° de mai 1860 de nos *Archives*, envisage une accélération prolongée dans le mouvement de rotation du soleil comme une conséquence probable de l'action d'un tourbillon de matière météorique, qui est aussi, selon lui, la source de la chaleur et de la lumière solaire. « Sans une action extérieure de ce genre, ajoute M. Carrington, on se serait attendu à ce que les courants à la surface du soleil ressembleraient à ceux de l'Océan et de l'atmosphère terrestre, c'est-à-dire, qu'ils seraient occidentaux et dirigés vers les pôles dans les latitudes tropicales, et orientaux dans les hautes latitudes, la direction de la rotation étant la même, et la région équatoriale étant aussi la plus chaude dans l'un et l'autre cas. »

Quoique M. Carrington ne se soit point proposé, d'une manière spéciale, l'étude des apparences des taches et de leur cause, il est intéressant de connaître l'opinion d'un observateur aussi soigneux et assidu de ces phénomènes, dont la nature est si controversée maintenant. On voit dans la section introductive de son ouvrage, qu'il regarde, avec Wilson et sir W. Herschel, les taches du soleil comme étant caverneuses, ou comme étant, relativement au niveau général de la surface lumineuse, des creux dont le noyau est le fond. Mais il reconnaît plus de variété dans

les apparences que n'en admettait Wilson ; il cite avec éloges les recherches sur ce sujet de MM. Péters, Dawes et Sestini ; il adopte la remarque faite par M. Schwabe que la profondeur de la cavité est beaucoup moindre dans certains cas que dans d'autres, et qu'elle est variable. Il ajoute que M. Laugier lui a écrit, qu'avec de forts grossissements et dans des circonstances atmosphériques favorables, le fond noir du noyau lui a souvent paru comme un assemblage de points obscurs, avec de petits interstices, et qu'il y reconnaissait une porosité ou résolvabilité évidente.

Il me reste à dire quelques mots sur les planches, qui constituent à elles seules la moitié du volume, et qui ont été lithographiées par M. Dangerfield, d'après les dessins de M. Carrington. Les deux premières sont relatives au mode d'observation et de calcul adopté par l'auteur. Il y en a ensuite 99, relatives à autant de rotations du soleil, observées du 9 novembre 1853 au 1er avril 1861. Chaque planche représente, selon leur aspect et leur position héliographique, les taches et groupes de taches observés pendant une de ces rotations, qui y sont placés sur un réseau de degrés de longitude et de latitude héliocentriques ; c'est un canevas général des taches qui ont paru sur le soleil pendant tout l'intervalle des observations, et où les cercles horaires passant par le centre du disque du soleil sont indiqués pour chaque jour.

Viennent ensuite trois planches, représentant la distribution, plus ou moins condensée, des taches solaires en latitude héliographique pendant le cours des observations. On y voit, au premier coup d'œil, le rapprochement des taches de l'équateur solaire et leur moindre nombre de 1854 à 1856 ; puis leur plus grand écartement de ce même équateur et l'accroissement graduel de leur nombre dans les années suivantes, surtout de 1858 à 1861, près d'un *maximum* de taches, dont M. le professeur Wolf, de Zurich, a fixé l'époque à 1860,2 dans le n° 14 de ses *Mittheilungen über die Sonnenflecken*.

Les planches nos 103 à 165 se rapportent aux groupes de taches observés plus d'une fois. M. Carrington y a représenté successivement dans la même feuille, les unes sous les autres, les figures de chaque groupe, aux diverses époques où lui, ou ses adjoints, les ont observées, l'observation faite le jour où le groupe passait au centre du disque occupant le carré du milieu.

Enfin la dernière planche, n° 166, représente la courbe des variations de la fréquence des taches de 1750 à 1860, telle qu'elle résulte des travaux de MM. Schwabe et Wolf; la courbe de la variation, dans le même intervalle de temps, des distances au soleil de la planète Jupiter, d'après M. Wolf; enfin, la courbe de la variation correspondante du prix du blé en Angleterre, d'après M. Stanton. L'examen comparatif de ces courbes montre que la troisième n'a point de rapports réels avec les deux autres. Quant aux deux premières, depuis 1770, il y a une assez grande coïncidence entre les *maxima* de fréquence de taches et les *maxima* du rayon vecteur de Jupiter, et il en est de même pour les *minima* : mais il y a, cependant, certains écarts. Dans les deux périodes précédentes il y a discordance complète. M. Carrington se demande, dans la dernière section de son ouvrage, s'il ne serait pas possible que la masse de Jupiter affectat indirectement les variations de fréquence des taches, par son action intermédiaire sur l'anneau matériel qui constitue la lumière zodiacale, et il exprime le désir qu'on fasse dans un bon climat, sous une latitude favorable, telle que celle des Indes orientales, et à une hauteur suffisante au-dessus de la mer, des séries d'observations de cette lumière aussi bien que des taches du soleil. Il admet que, pour ces dernières observations, il convient de suivre, maintenant, les méthodes d'enregistrement et d'impression photographiques, telles qu'elles ont été perfectionnées par M. Delarue.

Une remarque de M. Balfour-Stewart, communiquée à la Société astronomique de Londres dans sa séance du 10 juin 1864, et insérée p. 198 du t. 24 des *Monthly Notices*, tendrait à con-

firmer l'idée de l'influence que les plus grandes planètes de notre système peuvent exercer sur les taches du soleil. En effet, M. Wolf a trouvé, à la suite de ses persévérantes recherches sur toutes les observations de ces taches, qu'outre la période de fréquence des taches d'environ onze ans signalée d'abord par M. Schwabe, la comparaison des résultats des observations paraissait en indiquer une autre plus longue, dont la durée serait d'environ 56 ans, et dont le *maximum* aurait eu lieu en 1836.

Or, M. Stewart a remarqué que, comme la durée de deux révolutions de Saturne est presque égale à celle de cinq révolutions de Jupiter, ces deux planètes doivent se retrouver tous les 59 ans à peu près dans la même position réciproque, et qu'elles se sont trouvées, l'une et l'autre, vers 1840, très-près de leur aphélie. On n'aurait certes guère pu se douter à l'avance, que la commensurabilité des moyens mouvements de Jupiter et de Saturne, par suite de laquelle l'illustre géomètre français Laplace est parvenu le premier, en 1787, à rendre raison, par la loi de l'attraction Newtonienne, de la principale inégalité du mouvement de ces planètes en longitude, pût aussi jouer un rôle dans le phénomène des taches du soleil.

Pour en revenir à l'ouvrage de M. Carrington, on doit certainement regretter que des circonstances indépendantes de sa volonté l'aient obligé à discontinuer ses observations, avant d'avoir complété, comme il en avait l'intention, au moins une période entière, dite de Schwabe ou de onze ans, de la variation de fréquence des taches; et qu'il n'ait pas pu non plus approfondir davantage quelques parties de ce sujet. Mais son travail n'en reste pas moins très-important, puisqu'outre l'exacte détermination des éléments de position de l'équateur solaire qui y est donnée, c'est le premier où la loi de variabilité du mouvement des taches en longitude, suivant leur latitude, ait été établie. Les nombreuses séries de planches jointes à cette publication en augmentent beaucoup la valeur, et elle renferme de précieux matériaux qui pourront être longtemps utiles. En joignant à cet

ouvrage le catalogue de 3735 étoiles de seconde à dixième grandeur, très-voisines du pôle boréal, que M. Carrington a publié en 1857, aux frais du gouvernement anglais, d'après ses observations faites à Redhill avec un cercle-méridien, ces deux volumes constituent un monument remarquable de ce que peut obtenir, en peu d'années, dans un petit observatoire particulier, en fait de résultats très-avantageux à la science, un astronome habile et dévoué.

Il serait fort à désirer que M. Carrington, qui a été pendant bien des années l'un des secrétaires de la Société astronomique, et qui a reçu d'elle, en février 1859, pour son catalogue d'étoiles circompolaires, la médaille d'or qu'elle décerne annuellement, pût reprendre bientôt ses travaux scientifiques et y rendre de nouveaux services à l'astronomie.

ALFRED GAUTIER.

PHYSIQUE.

J. JANSSEN. DES RAIES TELLURIQUES DU SPECTRE SOLAIRE. (*Actes de l'Académie de Nuovi Lincei de Rome.*)

M. Janssen nomme *raies telluriques* les lacunes produites dans un spectre quelconque par l'action de l'atmosphère de la terre. Ces raies, que MM. Brewster et Gladstone avaient nommées atmosphériques, sont celles qui viennent s'ajouter en assez grand nombre aux raies ordinaires du spectre examiné pendant la journée, quand le soleil est près de l'horizon, c'est-à-dire le soir et le matin. Dès l'origine on avait pensé à en attribuer l'existence à l'action de l'atmosphère terrestre et surtout aux vapeurs qu'elle contient en plus grande abondance le soir et le matin. Toutefois il existait encore des doutes sur l'exactitude de cette explication, fondés sur ce que les raies nouvelles disparaissaient complétement du spectre pendant tout le cours de la journée, ce qui n'aurait pas dû avoir lieu si elles étaient dues à l'action de l'atmosphère.

M. Janssen, au moyen d'un spectroscope perfectionné qui lui a donné un spectre joignant à une dilatation extrême une pureté qui permettait d'y discerner des lignes d'une grande finesse ou celles qui ne sont que faiblement accentuées, a pu constater que les plus importantes des bandes ou groupes qu'on avait remarqués le soir et le matin dans le spectre, se résolvaient en lignes bien distinctes, visibles par toute hauteur du soleil et variant d'intensité précisément comme les épaisseurs d'air traversées par les rayons solaires. Il était ainsi démontré que notre atmosphère produit dans le spectre solaire un système de raies qui lui est propre et qu'on doit distinguer des raies solaires proprement dites.

L'auteur s'est attaché dès lors à construire des cartes qui présentent cette distinction capitale, travail long et pénible, surtout quand on songe que le spectroscope employé montre dans le spectre environ trois mille raies. Quoique les cartes dont il s'agit ne soient pas encore publiées, M. Janssen indique les parties du spectre où les raies telluriques sont les plus nombreuses ou les plus prononcées; il remarque que ces raies diffèrent entre elles non-seulement par la largeur, mais encore par l'intensité, ce qui montre que l'action absorbante de l'atmosphère ou le coefficient d'extinction est variable pour chaque radiation lumineuse élémentaire.

Le fait que les gaz de notre atmosphère ont le pouvoir de faire naître des bandes obscures dans le spectre, devient un nouvel appui à la théorie de M. Kirchhoff sur la cause des raies du spectre solaire, en montrant qu'elles peuvent être dues à l'atmosphère qui entoure le noyau d'où émane la lumière solaire. M. Janssen a adopté le nom de telluriques pour désigner les raies que notre atmosphère fait naître dans le spectre du soleil ou des autres astres, la dénomination d'atmosphérique pouvant laisser dans l'esprit une certaine confusion puisque, en définitive, toutes les raies des spectres cosmiques sont produites par des atmosphères.

M. Janssen a appliqué son spectroscope perfectionné à l'étude des bandes telluriques dans les spectres de la lune et de quelques

étoiles. Il y a trouvé des bandes obscures analogues à celles que le spectre solaire lui a présentées dans les mêmes circonstances, c'est-à-dire lorsque les astres sont près de l'horizon. Du reste, il n'entre pas dans de grands détails sur ce sujet, sur lequel il compte revenir.

J.-C. POGGENDORFF. UEBER EINE NEUE KLASSE, etc.... SUR UNE NOUVELLE CLASSE DE PHÉNOMÈNES D'INDUCTION. (*Poggend. Ann.*, 1864, n° 11, p. 448.)

Il s'agit de phénomènes particuliers que présentent les courants d'induction produits par un inducteur (machine de Ruhmkorff), lorsqu'on fait communiquer avec les conducteurs entre lesquels part l'étincelle des fils de métal plus ou moins longs.

L'inducteur employé par l'auteur est de moyenne force : on s'est servi habituellement de l'interrupteur à mercure de Foucault. Le *déchargeur* est une tige de platine horizontale supportée par un pied isolant et communiquant avec le sol. Au moyen d'une coulisse le long de laquelle se trouve une échelle divisée, on peut faire glisser cette tige perpendiculairement à sa direction, de manière à lui faire occuper le point que l'on veut le long du chemin de l'étincelle, entre les deux pointes du micromètre.

A l'aide de cet appareil, on peut observer des phénomènes déjà connus, mais dont la description est nécessaire à ce qui suit. Les deux fils *polaires*, c'est-à-dire les fils qui font communiquer l'une des extrémités de la bobine d'induction avec la pointe correspondante du micromètre, sont courts et égaux ; chacun a de 8 à 12 pouces de long ; les deux pointes du micromètre sont à une distance égale à la moitié de la distance *maxima*. On approche le déchargeur de l'un des pôles ; il arrive un moment où l'on obtient une décharge dérivée et la distance à laquelle elle commence à se produire est à peu près la même pour les deux pôles. En continuant à rapprocher le déchargeur du pôle positif, on finit par faire disparaître complétement la décharge principale ; au

contraire, pour le pôle négatif on la rend de plus en plus forte. Quelquefois même, lorsqu'on en a éloigné suffisamment les deux pôles pour faire disparaître l'étincelle, on la rétablit en amenant le déchargeur à côté du pôle négatif. Dans ces expériences, l'extrémité du déchargeur est à une certaine distance de la ligne même que suit l'étincelle. Si l'extrémité est sur cette ligne, on obtient en général deux étincelles, l'une large et brillante entre le déchargeur et le pôle le plus éloigné, l'autre étroite et pâle entre le déchargeur et le pôle le plus rapproché.

Voici maintenant en quoi consistent les phénomènes observés par M. Poggendorff.

On remplace un des fils polaires, le fil positif, par exemple, par un fil plus long et bien isolé; ainsi, au lieu de 12 pouces, le fil polaire positif a environ 20 pieds de long. On remarque dans ce cas :

1° Les étincelles sont plus brillantes et plus fortes que dans le cas normal où les deux fils polaires sont égaux et courts ;

2° En approchant successivement le déchargeur du pôle positif et du pôle négatif, la distance explosive de la décharge dérivée est plus grande pour le pôle positif et plus petite pour le pôle négatif que dans le cas normal ;

3° Tout le circuit inducteur est chargé d'électricité libre lors même que ce circuit n'est pas isolé avec soin. Cette électricité est négative, par conséquent, contraire au pôle muni d'un long fil.

Si c'est, au contraire, le fil du pôle négatif que l'on allonge, c'est de l'électricité positive qui se développe sur le circuit inducteur et les distances explosives de la décharge dérivée pour les deux pôles sont dans le rapport inverse de ce qu'elles étaient dans le premier cas.

Lorsqu'on donne une grande dimension aux deux fils polaires à la fois, la distance explosive de l'étincelle principale qui n'avait pas varié dans les cas précédents est notablement diminuée ; l'éclat de l'étincelle augmente ; les distances explosives de l'étin-

celle dérivée deviennent égales aux deux pôles ; l'électricité du circuit inducteur disparait.

L'auteur a cherché quelle est l'influence du diamètre des fils polaires. Un certain nombre d'expériences faites avec des fils de diamètres différents ont montré qu'un fil plus épais agit avec plus d'intensité, mais que cette intensité augmente beaucoup moins rapidement que la section du fil.

L'action du fil polaire augmente, comme on l'a vu, avec la longueur, mais suivant un rapport plus petit que cette longueur elle-même. On peut en juger par les distances explosives correspondant à des couples de fils de différentes longueurs. Pour des fils d'un pied, cette distance est de 33 lignes ; pour 20 pieds, elle devient 22 lignes, et pour 300 pieds, 18 lignes.

On obtient les mêmes phénomènes en se servant de bandes métalliques au lieu de fils. Il y a, cependant, cette différence que les étincelles obtenues avec des bandes sont plus brillantes et plus compactes et rappellent les étincelles obtenues avec une bouteille de Leyde. Une bande de 20 pieds de long et d'un pouce de large combinée avec une bande de 2 pieds de long et d'un pied de large, agit comme le ferait un long fil combiné avec un court, bien que la surface de la première bande soit plus petite que celle de la seconde.

En quoi consiste l'action des fils polaires ? Les expériences sur les fils de diamètres variables font voir qu'il ne s'agit pas d'un phénomène où la résistance électrique de ces fils joue un rôle. Ce qui confirme encore cette manière de voir, c'est qu'un fil cesse d'agir lorsqu'on le roule en spirale, ce qui ne fait nullement varier sa résistance. Un long fil ainsi roulé, combiné avec un fil court, ne donne lieu à aucune différence de tension aux deux pôles, mais à mesure qu'on le déroule, les phénomènes qu'on a décrits se produisent. On pourrait penser que la spirale par son action sur elle-même annule un autre effet d'induction ; mais en plaçant une spirale à la suite d'un long fil étendu, ce fil agit comme s'il n'y avait pas de spirale. Enfin, un fait bien ca-

ractéristique est qu'il n'est pas nécessaire d'intercaler le fil dans le circuit induit, mais qu'il suffit pour qu'il agisse de le mettre par une de ses extrémités en communication avec le pôle.

On peut expliquer pourquoi une différence de tension aux deux pôles donne lieu à un développement d'électricité sur le circuit inducteur. La bobine induite agit sur l'inductrice par influence. Lorsque les deux moitiés du fil induit sont chargées d'électricités égales et de signes contraires, l'inducteur reste sans électricité libre, mais aussitôt que l'une des deux électricités prédomine sur l'induit, l'autre électricité doit prédominer sur l'inducteur.

Cette explication d'un des effets observés ne permet pas de rien conclure relativement à l'action des fils polaires. Cette action ne consiste-t-elle pas dans la production de courants alternatifs? Si l'on remplace simplement l'étincelle dans l'air par un tube de Geissler, l'action des longs fils ne se manifeste plus; mais on les obtient de nouveau en intercalant dans le circuit induit un tube de Geissler et le micromètre à étincelles. En se servant d'un couple de longs fils, on observe alors un phénomène remarquable. Avec deux fils courts, le tube était rempli d'une lumière blanchâtre et il n'y avait qu'une coloration violette au pôle négatif. Avec les fils longs, une belle lumière jaune comme celle du verre d'urane entoure le pôle positif et occupe un espace nettement limité qui va du pôle positif aux parois du tube. Un fait remarquable est qu'il n'y a pas trace au pôle positif de la lumière bleue qui produit habituellement cette lumière fluorescente, et qu'au contraire, au pôle négatif, la lumière bleue ne produit presque pas de fluorescence dans ces circonstances.

Si l'on met d'abord en contact les pointes du micromètre et qu'on les écarte peu à peu, le phénomène qu'on vient de décrire ne se produit pas d'abord et commence seulement pour un certain écartement des pointes. En augmentant encore cet écartement, le phénomène se modifie; la stratification et l'espace obscur disparaissent; tout le tube d'un bout à l'autre est rempli d'une lumière violette homogène qui forme un contraste frappant

avec la lumière fluorescente qui continue à se montrer au pôle positif. Des tubes différents ont donné des résultats analogues.

Ces expériences montrent que des longs fils polaires donnent lieu à des courants alternatifs, lorsque la distance explosive de l'étincelle dans l'air atteint une certaine grandeur. On peut, en effet, produire un phénomène tout à fait semblable dans un tube de Geissler au moyen des courants alternatifs que l'on obtient, comme on le sait, avec un tableau de Franklin. Seulement, dans ce cas, il y a de la lumière bleue aussi au pôle positif. Cette différence provient sans doute de ce que les courants alternatifs produits par les longs fils polaires sont plus différents d'intensité.

Quant à la manière dont les longs fils fonctionnent pour produire ces courants alternatifs, l'auteur ne juge pas qu'il soit opportun avant des recherches nouvelles de chercher à rendre compte de cette action.

PROF. G. HINRICHS. ON THE DISTRIBUTION... SUR LA DISTRIBUTION DES RAIES OBSCURES DANS LE SPECTRE DES ÉLÉMENTS. (*American journal of sciences*, etc., t. 88, page 31.)

En considérant la distance entre elles des raies des différents groupes du spectre produit par le calcium, le baryum et le strontium, M. Hinrichs a été amené à formuler les lois et les conclusions suivantes :

1[re] loi. Étant donné un groupe, les distances mutuelles des raies sont des multiples de la plus petite d'entre elles.

2[e] loi. Les intervalles entre les différents groupes peuvent être exprimés en nombres simples comme 1, 2, 3.

3[e] loi. La différence en longueur d'onde entre les lignes correspondantes d'un groupe est la même dans tout le spectre.

4[e] loi. Les principales lignes ou groupes de lignes correspondantes sont équidistants en regard de leurs longueurs d'onde.

Mais quelle est la cause de ces lois? Les raies, dit l'auteur,

ne peuvent avoir d'autre origine que l'une des deux suivantes : elles sont produites par les dimensions des particules solides ou bien par les intervalles, soit distances, qui les séparent. La dernière est inadmissible, puisque les lignes restent les mêmes dans les diverses circonstances qui pourraient avoir pour effet d'écarter ou de rapprocher les particules : alors les lignes doivent être produites par le volume des particules ou atomes eux-mêmes, et une connaissance exacte de ces lois et distances doit nous conduire à la connaissance des dimensions relatives des atomes.

Nous renverrons pour plus de détails au mémoire original, en nous bornant à faire remarquer que la première loi, vraie pour une partie du spectre du calcium, par exemple, ne l'est pour d'autres qu'à la condition de réunir deux distances en une seule, ce qui revient au fond à considérer comme n'existant pas des raies parfaitement observées cependant. M. D.

CHIMIE.

E. Maumené. Théorie générale de l'exercice de l'affinité. (*Annales de chimie et de physique*, 4me série, t. III, p. 319.)

Voilà un titre bien fait pour attirer l'attention des chimistes, et si l'auteur a réussi à jeter quelque lumière sur un sujet demeuré jusqu'ici aussi obscur, il aura certainement rendu un grand service à la science. A n'en juger que par le nombre et l'importance des réactions chimiques qu'il passe en revue, et dans lesquelles il croit trouver une éclatante confirmation de sa théorie, on serait d'abord porté à croire qu'il a effectivement découvert une loi qui les explique et permet de les prévoir. Malheureusement un examen attentif de ce mémoire montre que l'auteur est simplement la dupe d'une illusion qui a bien souvent induit en erreur les savants lorsqu'ils se laissent trop entraîner à des spéculations purement théoriques. Ils ne s'aperçoivent pas que leurs

théories ne s'accordent avec les faits que parce qu'ils y ont introduit des hypothèses arbitraires, qu'ils font varier dans chaque cas, et dont la justification serait tout aussi difficile que celle des faits mêmes qu'ils ont la prétention d'expliquer.

Il me sera facile de montrer, je crois, que la théorie de M. Maumené repose sur une première hypothèse que rien ne justifie, et qu'elle ne se trouve d'accord avec plusieurs réactions chimiques que parce que, dans l'application de cette théorie à chaque cas particulier, il introduit une seconde hypothèse complétement arbitraire.

Le principe de cette théorie est extrêmement simple. Suivant l'auteur, lorsque deux corps réagissent l'un sur l'autre, la réaction s'établit nécessairement entre des poids de ces corps proportionnels à leurs densités respectives, et par conséquent entre des nombres d'atomes proportionnels à ces densités divisées par les poids atomiques. Or voici comment il démontre ce principe fondamental. Supposons du cuivre en présence de l'acide sulfurique ; c'est une règle incontestable, dit l'auteur, que l'action est égale à la réaction, donc l'action chimique de l'acide doit pénétrer dans le cuivre rigoureusement à la même profondeur que l'action chimique du métal dans l'acide qui est en contact avec lui. Voilà incontestablement un principe bien établi, et SANS AUCUNE HYPOTHÈSE, ajoute M. Maumené en lettres majuscules. Il l'est certainement aussi bien que les deux suivants qui reposent sur la même démonstration et qui pourront un jour peut-être servir de base à quelque nouvelle théorie. Je presse un morceau de caoutchouc contre une barre de fer : toute action est égale à la réaction, donc le rapprochement qu'éprouveront les molécules dans ces deux corps sera rigoureusement le même. Je mets en contact un métal chaud et un morceau de bois froid, l'action étant égale à la réaction, les changements de température qui résulteront de ce contact devront se propager rigoureusement à la même distance de part et d'autre de la surface de séparation.

Voyons maintenant par un exemple comment ce principe, si

bien établi, se plie aux exigences de l'expérience. L'auteur va nous montrer que sa théorie explique parfaitement pourquoi le phosphore décompose l'acide chlorhydrique aqueux à 200 degrés, en produisant de l'hydrogène phosphoré et de l'acide phosphoreux, tandis qu'il demeure sans action sur l'eau à cette température. D'après sa théorie, la réaction devra s'établir dans le premier cas entre des nombres d'atomes d'acide chlorhydrique et de phosphore qui seraient dans le rapport de 1 : 4, 3, dans le second entre des nombres d'atomes de phosphore et d'eau qui seraient dans le rapport de 1 : 1,94. Puis, par une hypothèse complétement arbitraire et dont il ne semble pas même avoir conscience, il admet que les nombres absolus d'atomes qui réagissent sont dans le premier cas 10 et 43, dans le second 1 et 2. Ceci admis, il est facile de concevoir que dans la première réaction il trouve tous les éléments nécessaires pour former de l'hydrogène phosphoré et de l'acide phosphoreux, en faisant, il est vrai, en outre dégager de l'hydrogène libre dont l'expérience n'a pas constaté la présence; tandis que la seconde réaction est déclarée impossible, car on ne peut supposer qu'un seul atome de phosphore décompose l'eau, ne pouvant se combiner qu'avec un seul de ses éléments. Mais pourquoi l'auteur n'a-t-il pas décuplé les rapports aussi bien que dans le premier cas? Sa théorie lui aurait alors montré 10 atomes de phosphore réagissant sur 20 atomes d'eau, ce qui permettrait d'expliquer la formation des combinaisons les plus diverses du phosphore avec l'hydrogène et l'oxygène.

Ajoutons enfin que dans le cas où, malgré l'introduction d'une pareille hypothèse arbitraire, la nouvelle théorie ne conduit pas tout à fait aux résultats indiqués par l'expérience, l'auteur n'en paraît pas du tout embarrassé. Citons comme exemple l'action de l'acide azotique concentré sur le phosphore. Sa théorie indique comme produits de cette action de l'acide phosphoreux, du phosphure d'hydrogène liquide, de l'ammoniaque, trois substances dont jusqu'ici l'expérience n'a pas constaté la formation; en revanche, elle n'indique pas l'acide phosphorique, qui paraît être le

seul produit essentiel que l'on obtienne dans ce traitement. M. Maumené en est quitte pour admettre en pareil cas que des réactions secondaires ont fait disparaître les produits indiqués par la théorie, pour donner naissance à ceux que l'expérience constate.

C. M.

F. Reich et Th. Richter. Ueber.... Sur l'Indium (suite). (*Journ. für prak. Chemie*, t. XCII. p. 480.)

Nous avons rendu compte des premières notices de MM. Reich et Richter sur leur nouveau métal.[1] Depuis lors ces chimistes ont extrait de 200 livres de blende quelques grammes d'indium avec lesquels ils ont pu tout à la fois vérifier et étendre leurs premiers résultats.

Contrairement à une assertion antérieure, l'oxyde d'indium est facilement réduit par l'hydrogène dans un tube à boule; le métal fond à une température suffisante en gouttelettes qui se laissent assez bien détacher du verre, quoiqu'une petite portion reste adhérente aux parois de la boule; on peut réunir en un seul les grains détachés, en les fondant avec du cyanure de potassium. Dans la réduction de l'oxyde d'indium par l'hydrogène, le gaz entraîne un peu de métal, ce qui lui donne la propriété de brûler avec une belle flamme bleue.

Le métal est blanc, plus clair que l'étain, se rapprochant de l'argent; il est très-mou, ductile, inaltérable à l'air et même dans l'eau bouillante. Son poids spécifique est en moyenne de 7, 18 à + 20° C. Son point de fusion est très-voisin de celui du plomb. Au chalumeau, sur le charbon, l'indium fond en un globule éclatant qui se gonfle et colore la flamme en bleu, en formant un dépôt jaune foncé plus clair à froid.

Les acides sulfurique et chlorhydrique dissolvent l'indium lentement à froid, plus vite à chaud; la liqueur est précipitée d'une manière complète par la potasse et l'ammoniaque : il se dépose

[1] Voyez *Archives*, t. XIX, p. 144.

un hydrate blanc gélatineux qui s'attache aux parois du vase et peut facilement être lavé. L'acide tartrique empêche la précipitation d'avoir lieu. L'oxyde d'indium chauffé est brun ou rouge sombre : il devient en se refroidissant orangé, puis jaune de paille clair. L'hydrogène sulfuré précipite à peine les dissolutions indiquées dans les acides forts ; mais il décompose très-bien l'acétate dans lequel il produit un sulfure gélatineux jaune orangé qui forme en se desséchant des morceaux bruns dont la couleur s'éclaircit par le broyage. Le sulfure d'indium est dissous par les acides chlorhydrique et sulfurique, avec dégagement d'hydrogène sulfuré.

Le chlorure anhydre est très-volatil ; il forme des paillettes blanches très-déliquescentes ; sa dissolution aqueuse se décompose par l'évaporation : de l'acide chlorhydrique se dégage en entraînant un peu de chlorure, et il reste un composé basique insoluble. Le sulfate cristallise difficilement en petites lamelles blanches. D'après la composition de l'oxyde, les auteurs établissent, d'une manière approximative, le poids atomique de l'indium = à 463 environ. Pour ce qui concerne les procédés d'extraction, nous renverrons au mémoire original ; ajoutons seulement que tous les échantillons de zinc préparé au moyen de la blende ont été reconnus pour contenir de l'indium.

M. D.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A L'OBSERVATOIRE DE GENÈVE

sous la direction de

M. le Prof. E. PLANTAMOUR

PENDANT LE MOIS DE DÉCEMBRE 1864.

Le 6, brouillard tout le jour.
8, id. id.
9, id. id. ; dépôt de givre.
10, brouillard une partie de la journée ; depuis 6 h. 45 m. couronne lunaire ; de 10 h. 50 m. à minuit beau halo lunaire.
11, brouillard une partie de la journée ; dépôt de givre.
12, brouillard jusqu'au soir.
13, brouillard jusqu'à midi.
16, il est tombé une faible quantité de neige, qui a pris pied, mais qui a disparu le lendemain.
19, il est tombé dans la nuit un peu de neige, qui a pris pied, mais qui a disparu dans la matinée.
21, brouillard jusqu'au soir.
22, il est tombé un peu de neige, mais qui n'est pas restée sur le sol.
30, brouillard dans la soirée.
31, brouillard jusqu'à 6 h. du soir, avec dépôt de givre.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.

MAXIMUM.

	mm
Le 4, à 10 h matin...	737,98
11, à 10 h. matin...	729,45
20, à 10 h. matin...	731,36
24, à 8 h. soir.....	731,48
29, à 10 h. matin...	734,09

MINIMUM.

	mm
Le 1, à 6 h. soir.....	731,07
8, à 2 h. soir.....	726,68
15, à 2 h. soir.....	713,19
22, à 4 h. soir......	722,36
27, à 2 h. soir......	726,24

Jours du mois.	Baromètre. Hauteur moy. des 24 h.	Baromètre. Écart avec la hauteur normale.	Température C. Moyenne des 24 heures.	Température C. Écart avec la temp. normale.	Température C. Minim.	Température C. Maxim.	Tension de la vap. Moy. des 24 h.	Tension de la vap. Écart avec la tension normale.	Fract. de saturation en millièmes. Moy. des 24 h.	Fract. de saturation. Écart avec la fraction norm.	Fract. de saturation. Minimum.	Fract. de saturation. Maximum.	Pluie ou neige. Eau tomb. d. les 24 h.	Pluie ou neige. Nomb. d'h.	Vent dominant.	Clarté moy. du Ciel.	Temp. du Rhône. Midi.	Temp. du Rhône. Écart avec la temp. normale.	Limnimètre à midi.
	millim.	millim.	°	°	°	°	mm	mm					mm.				°		pouces
1	731,95	+ 5,19	+ 1,01	−1,29	− 0,9	+ 3,8	3,92	−0,62	802	− 54	670	890	...	..	S. 1	0,92	7,8	− 0,2	36,5
2	733,48	+ 6,69	+ 2,58	+0,41	− 0,1	+ 4,2	4,05	−0,45	733	−123	650	840	...	..	NNE. 2	0,60	7,4	− 0,5	36,5
3	735,97	+ 9,15	+ 1,95	−0,09	+ 1,0	+ 2,9	3,49	−0,97	669	−188	680	880	...	..	N. 2	0,97	6,8	− 1,0	36,5
4	737,10	+10,81	− 0,21	−2,18	− 0,8	+ 1,7	3,65	−0,77	815	− 42	750	880	...	..	NNE. 2	0,81	...	....	36,2
5	734,06	+ 7,18	− 0,97	−2,77	− 1,6	0,0	3,84	−0,55	908	+ 51	870	960	...	..	NNE. 1	1,00	7,0	− 0,5	36,0
6	733,50	+ 6,60	− 2,99	−4,68	− 4,4	− 2,0	3,66	−0,70	997	+139	960	1000	...	..	SO. 1	1,00	6,9	− 0,6	36,0
7	731,91	+ 4,99	− 1,49	−3,06	− 2,6	+ 0,2	3,85	−0,48	946	+ 88	850	1000	...	..	ESE. 1	1,00	6,8	− 0,5	35,0
8	727,48	+ 0,53	− 4,04	−5,50	− 5,2	− 2,0	3,35	−0,95	997	+139	950	1000	...	..	SSO. 1	0,96	6,7	− 0,5	35,0
9	727,43	+ 0,45	− 2,47	−3,82	− 4,7	− 0,8	3,88	−0,39	1000	+141	1000	1000	...	..	variable	0,99	6,8	− 0,3	34,8
10	727,52	+ 0,52	− 0,13	−1,37	− 1,4	+ 1,5	4,33	+0,09	955	+ 96	760	1000	0,1	1	variable	1,00	6,8	− 0,2	34,5
11	728,50	+ 1,47	+ 0,13	−1,01	− 1,9	+ 2,0	4,43	+0,22	947	+ 87	890	1000	...	..	variable	1,00	...	.....	34,2
12	724,77	− 2,28	− 0,18	−1,17	− 1,0	+ 0,7	4,41	+0,22	974	+114	890	1000	...	..	variable	1,00	6,7	− 0,1	33,8
13	718,54	− 8,54	+ 1,18	+0,24	− 0,3	+ 3,8	4,55	+0,38	908	+ 47	850	980	...	..	NNE. 1	1,00	6,7	0,0	33,7
14	717,93	− 9,18	− 0,28	−1,13	− 0,8	+ 1,2	4,19	+0,04	934	+ 73	890	990	...	..	NNE. 1	1,00	6,6	0,0	33,8
15	713,64	−13,49	+ 0,63	−0,13	− 0,7	+ 4,5	4,35	+0,22	912	+ 50	760	970	...	..	SO. 1	0,88	6,6	0,0	33,7
16	716,18	−10,98	+ 1,98	+0,61	− 0,4	+ 8,9	4,34	+0,23	856	− 6	730	940	0,3	2	SSO. 2	0,98	6,6	+ 0,1	33,5
17	722,26	− 4,92	+ 2,19	+1,80	+ 0,7	+ 5,1	4,07	−0,02	772	− 91	580	880	...	..	NNE. 1	0,62	6,6	+ 0,2	33,5
18	722,27	− 4,94	+ 0,83	+0,32	− 0,7	+ 1,9	4,27	+0,20	874	+ 11	830	900		..	NNE. 1	1,00	...	.....	33,2
19	727,70	+ 0,46	+ 1,86	+1,43	− 0,1	+ 3,5	4,75	+0,69	906	+ 42	840	980	0,8	3	variable	0,99	6,6	+ 0,4	33,3
20	730,45	+ 3,19	+ 1,89	+1,54	+ 0,2	+ 3,2	4,86	+0,81	929	+ 65	830	1000	1,9	3	SSO. 1	0,86	6,6	+ 0,5	33,0
21	726,80	− 0,48	+ 1,45	+1,17	− 1,6	+ 3,4	5,00	+0,96	968	+103	900	1000	...	..	SSO. 1	1,00	6,6	+ 0,6	33,0
22	722,77	− 4,58	+ 2,05	+1,84	+ 0,3	+ 3,6	4,59	+0,56	858	− 7	780	930	1,1	3	NNE. 2	0,91	6,5	+ 0,6	32,8
23	725,27	− 2,05	− 1,75	−1,89	− 2,9	+ 1,7	3,48	−0,54	877	+ 11	830	910	...	..	NNE. 2	1,00	5,2	− 0,7	32,7
24	730,71	+ 3,87	− 3,18	−3,26	− 4,0	− 2,4	3,05	−0,96	861	− 5	800	910	...	..	NNE. 1	1,00	5,2	− 0,8	32,8
25	730,64	+ 3,28	− 4,63	−4,65	− 5,4	− 3,2	2,89	−1,11	908	+ 42	870	970	...	..	NNE. 1	1,00	...	....	32,2
26	728,63	+ 1,25	− 4,96	−4,93	− 5,4	− 4,4	2,92	−1,08	932	+ 65	900	980	...	..	NNE. 1	1,00	4,9	− 0,7	32,0
27	726,61	− 0,79	− 4,26	−4,18	− 5,5	− 3,0	3,04	−0,95	918	+ 51	830	1000	...	..	NNE. 1	0,88	4,7	− 0,9	31,5
28	729,59	+ 2,17	− 3,02	−3,49	− 4,6	− 2,9	3,12	−0,87	900	+ 33	850	930	...	..	NNE. 2	0,78	4,7	− 0,8	31,3
29	733,60	+ 6,16	− 3,63	−3,46	− 4,4	− 2,7	3,12	−0,87	900	+ 32	860	940	...	..	NNE. 1	1,00	4,2	− 1,2	31,2
30	729,32	+ 1,87	− 4,88	−4,67	− 5,5	− 3,2	3,11	−0,87	993	+125	940	1000	..	..	variable	1,00	4,9	− 0,5	31,0
31	722,47	− 4,99	− 5,10	−4,85	− 7,4	− 2,9	3,17	−0,81	1000	+132	1000	1000	...	..	SO. 1	1,00	4,8	− 0,5	30,5

MOYENNES DU MOIS DE DÉCEMBRE 1864

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h. s.
					Baromètre.				
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade,	732,30	732,46	732,73	732,10	731,62	731,65	731,81	732,04	732,14
2e »	722,06	722,29	722,72	722,88	721,94	722,19	722,44	722,59	722,63
3e »	727,79	728,25	728,52	727,87	727,54	727,58	727,79	727,90	727,68
Mois	727,40	727,69	728,00	727,43	727,05	727,15	727,36	727,52	727,49
					Température.				
	°	°	°	°	°	°	°	°	°
1re décade	− 1,48	− 1,44	− 0,55	+ 0,11	+ 0,56	− 0,03	− 0,46	− 0,62	− 0,81
2e »	+ 0,33	+ 0,43	+ 1,05	+ 1,83	+ 2,18	+ 1,59	+ 1,16	+ 0,70	+ 0,72
3e »	− 3,56	− 3,50	− 3,17	− 2,66	− 2,20	− 2,28	− 2,46	− 2,74	− 3,08
Mois	− 1,63	− 1,57	− 0,97	− 0,32	+ 0,10	− 0,31	− 0,65	− 0,94	− 1,11
					Tension de la vapeur.				
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade,	3,71	3,66	3,77	3,86	3,86	3,97	3,87	3,88	3,85
2e »	4,45	4,46	4,48	4,38	4,42	4,44	4,54	4,46	4,39
3e »	3,33	3,32	3,43	3,45	3,55	3,50	3,54	3,41	3,35
Mois	3,82	3,80	3,88	3,88	3,93	3,96	3,97	3,90	3,85
					Fraction de saturation en millièmes.				
1re décade,	910	897	867	844	815	876	880	892	900
2e »	946	937	908	839	828	864	907	918	907
3e »	941	928	933	907	895	893	913	902	911
Mois	933	921	904	865	848	878	900	904	906

	Therm. min.	Therm. max.	Clarté moyenne du Ciel.	Température du Rhône.	Eau de pluie ou de neige.	Limnimètre.
	°	°		°	mm	p.
1re décade,	− 2,07	+ 1,01	0,93	7,07	0,1	35,7
2e »	− 0,50	+ 2,93	0,93	6,62	3,0	33,6
3e »	− 4,22	− 1,45	0,96	5,17	1,1	31,9
Mois	− 2,33	+ 0,75	0,94	6,23	4,2	33,7

Dans ce mois, l'air a été calme 1 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 2,21 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 39°,1 E. et son intensité est égale à 34 sur 100.

TABLEAU

DES

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AU SAINT-BERNARD

pendant

LE MOIS DE DÉCEMBRE 1864.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.

MAXIMUM.		MINIMUM.	
	mm		mm
Le 4, à 10 h. soir....	568,96	Le 2, à 6 h. matin..	563,24
11. à 10 h. matin...	564,93	8, à 4 h. soir....	561,11
20, à 10 h. matin ..	563,98	16, à 6 h. matin .	551,65
29, à 8 h. soir....	567,16	23, à 6 h. matin..	555,31

Jours du mois.	Baromètre.				Température, C.				Pluie ou neige.			Vent	Clarté moy. du Ciel.
	Hauteur moy. des 24 heures.	Ecart avec la hauteur normale.	Minimum.	Maximum.	Moyenne des 24 heures.	Ecart avec la température normale.	Minimum.[1]	Maximum.[1]	Hauteur de la neige.	Eau tombée dans les 24 h.	Nombre d'heures	dominant.	
	millim.	millim.	millim.	millim.	°	°	°	°	cm	mm			
1	564.50	+ 2,84	568,52	565,62	— 6,06	+ 0,97	— 7,4	— 3,3	......	......	......	NE. 1	0,46
2	564.40	+ 2,78	563,24	565,15	—10,90	— 3,77	—11,6	—10,0	......	......	......	NE. 2	0,44
3	566,28	+ 4,64	565,13	567,36	—10,25	— 3,03	—13,0	— 7,8	......	......	......	NE. 1	0,00
4	568.47	+ 6,92	567,94	568.96	— 5,31	+ 2,00	— 9,0	— 3,3	......	......	......	variable	0,00
5	567,53	+ 6,02	566,92	568,11	— 2,40	+ 5,00	— 5,4	+ 1,8	......	......	......	NE. 1	0,03
6	567 93	+ 6,45	567,67	568,41	— 6,81	+ 0,68	— 9,0	— 3,7	......	......	......	NE. 1	0,00
7	565,53	+ 4,08	564,47	566.95	— 5.93	+ 1,65	— 7,0	— 3,8	......	......	......	SO. 1	0,12
8	561,57	+ 0,15	561,11	562,15	— 7,78	— 0,11	— 9,5	— 5,1	......	......	......	SO. 1	0,10
9	561,74	+ 0,35	561,23	562,19	— 8,86	— 1,11	—10,0	— 7.5	......	......	......	SO. 1	0,04
10	562,95	+ 1,59	562,11	564.18	— 7,79	+ 0,04	—10,3	— 5,8	......	......	......	SO. 1	0,37
11	564,46	+ 3,13	564.17	564.93	— 6,49	+ 1,42	— 7,0	— 5,4	......	......	......	SO. 1	0,47
12	561,79	+ 0,49	560.43	563,30	— 5,44	+ 2,55	— 6,3	— 4,4	......	......	......	SO. 1	0,78
13	556,46	— 4,81	555,87	557,28	— 5 54	+ 2,52	— 6,7	— 4,5	......	......	......	SO. 1	1.00
14	556,79	— 4,45	556,14	557,50	— 6,83	+ 1,30	— 8,0	— 5,6	50	7,0	6	SO. 2	1,00
15	553,01	— 8,21	552,30	554,16	— 5,67	+ 2,53	— 6,2	— 4,9	30	3,2	5	SO. 1	1,00
16	552,63	— 8,56	551,65	554,11	— 6,55	+ 1,72	— 7,8	— 5,1	10	1,0	3	NE. 1	0,81
17	557,37	— 3,79	555,67	558,73	— 6,64	— 0,30	— 9,8	— 7,8	......	......	......	SO. 1	0,89
18	558,21	— 2,92	557,93	558,90	— 7,45	+ 0,96	— 9,2	— 6,1	30	2,2	3	SO. 1	1,00
19	561,82	+ 0,71	559,18	563,92	— 6,53	+ 1,94	— 7,5	— 5,1	70	5,3	8	SO. 1	1,00
20	563,40	+ 2,32	562,16	564,05	— 7,80	+ 0,73	—10,1	— 5,1	......	......	......	NE. 1	0,73
21	560.19	— 0,86	559,95	560,53	— 9.86	— 1,27	—10.5	— 9,1	......	......	......	NE. 1	0,26
22	556,24	— 4,79	555,51	557,11	—11,39	— 2,74	—13,0	— 9,7	20	1,6	2	NE. 1	0,79
23	556,86	— 4,14	555,31	558,68	—13,51	— 4.81	—16,1	—11,8	......	......	......	SO. 1	0,66
24	561,30	+ 0,32	559,72	562,03	—10,01	— 1,26	—11,7	— 9,1	......	......	......	NE. 1	0,54
25	561,70	+ 0,74	561,21	562,36	—11,11	— 2,31	—12,1	— 9,2	......	......	......	NE. 1	0,34
26	562,04	+ 1,10	561,55	562,54	—12,35	— 3.50	—14,0	—10,3	......	......	......	SO. 1	0,00
27	561,91	+ 0,99	561,54	562,44	— 5,40	+ 3,50	— 7,8	— 4,2	......	......	......	variable	0,96
28	562,61	+ 1,71	561,89	563,75	— 3,14	+ 5,81	— 5.4	— 0,8	......	......	......	variable	0,66
29	566,38	+ 5,50	564,49	567,18	— 4,27	+ 4.72	— 6,9	— 1,0	......	......	......	NE. 1	0,00
30	563,19	+ 2,34	561,37	565.13	— 6.79	+ 2,24	— 8,0	— 4,0	......	......	......	NE. 1	0,00
31	556,22	— 4,61	554.37	558,52	— 9,33	— 0,26	—10,5	— 6,2	......	......	......	NE. 1	0,20

[1] Les chiffres renfermés dans ces colonnes donnent la plus basse et la plus élevée des températures observées de 6 h. du matin à 10 h. du soir, les thermométrographes étant hors de service.

MOYENNES DU MOIS DE DÉCEMBRE 1864.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s	8 h. s.	10 h. s
					Baromètre.				
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade,	565,02	564,87	565,28	565,05	564,85	564,97	565,10	565,33	565,39
2e »	558,41	558,64	558,85	558,59	558,31	558,58	558,56	558,72	558,77
3e »	560,64	560,80	561,14	560,73	560,42	560,67	560,80	560,99	560,97
Mois	561,33	561,42	561,74	561,43	561,17	561,38	561,46	561,66	561,69
					Température.				
1re décade,	− 8°,27	− 7°,95	− 7°,31	− 6°,06	− 4°,87	− 6°,16	− 7°,36	− 7°,64	− 7°,74
2e »	− 7,11	− 7,39	− 6,28	− 5,72	− 5,78	− 6,11	− 6,69	− 6,91	− 6,71
3e »	− 9,55	− 9,09	− 8,35	− 7,63	− 7,17	− 8,50	− 9,08	− 9,27	− 9,32
Mois	− 8,35	− 8,17	− 7,35	− 6,51	− 5,98	− 6,97	− 7,75	− 7,98	− 7,97

	Min. observé.[1]	Max. observé.[1]	Clarté moy. du Ciel.	Eau de pluie ou de neige.	Hauteur de la neige tombée.
	°	°		mm	mm
1re décade,	− 9,22	− 4,85	0,16	0,0	0
2e »	− 7,86	− 5,40	0,87	18,7	190
3e »	−11,60	− 7,54	0,40	1,6	20
Mois	− 9,25	− 5,74	0,47	20,3	210

Dans ce mois, l'air a été calme 28 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 1,10 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 45°E., et son intensité est égale à 4 sur 100.

[1] Voir la note du tableau.

5 10 15 20 25 30 35 40 45 50 55 60 65 70 75 80 85 90 95 100 105 110 115 120
Fig. 1.
f d g h e a b c
Erbium
Fig. 2.
a b c
Terbium
Fig. 3.
h i a b d e g f c
Didyme

PRÉCIS D'UNE HISTOIRE
DU TERRAIN HOUILLER DES ALPES.

PAR

M. ALPHONSE FAVRE,

Prof. à l'Académie de Genève

Dans cette histoire des travaux relatifs au terrain houiller des Alpes, longtemps nommé terrain anthracifère, il m'a paru convenable d'établir des divisions. Je ne veux point les baser sur les mémoires qui ont joué un rôle plus ou moins important dans la géologie des Alpes, mais sur les observations et sur les faits. Il me semble naturel dès lors de comprendre dans la première partie toutes les observations anciennes sur les anthracites et les végétaux qui les accompagnent, en y ajoutant les remarques faites sous l'influence de la géologie anglaise qui avaient pour but la comparaison des terrains des Alpes avec ceux de la Grande-Bretagne. Cette division s'arrête en 1827.

Dans la seconde partie, de 1828 à 1857, je donne le résumé de ce qui a été fait depuis la découverte des bélemnites dans la trop célèbre localité de Petit-Cœur, près Moûtiers en Tarentaise, jusqu'au moment qui précède celui où le terrain triasique a été reconnu dans les Alpes.

La troisième partie, qui ne comprend que les années 1858 à 1860, renferme les observations qui servirent à constater la présence du terrain triasique et celle de l'infra-lias, ainsi que les conséquences qui en résultèrent.

La quatrième partie s'étend de 1860 à 1863. Elle commence à la découverte des nummulites de la Maurienne et s'étend jusqu'à la clôture de la discussion.

Pour résumer en quelques mots la manière dont cette lutte s'est terminée, je dirai que l'un des partis publia une grande abondance de mémoires et l'autre n'en publia que peu ; le nombre des géologues rangés dans le premier a été grand, tandis qu'il était petit dans le second ; enfin on verra que la présence du terrain triasique et de l'infra-lias, ainsi que la position des nummulites, concourent avec les caractères minéralogiques des roches, leur position stratigraphique, si longtemps méconnue, et les fossiles qu'elles renferment, à démontrer la présence du vrai terrain houiller dans les Alpes.

Pendant la durée des débats qui eurent lieu, nous trouvons plusieurs savants de grande distinction dont l'opinion s'est modifiée plus tard sous l'influence des arguments nouveaux. C'est tout à fait à tort qu'on érige quelquefois en reproche ces changements d'opinion. Ils sont, à mon avis, toujours la preuve d'un esprit distingué et travailleur qui se tient au courant des progrès de la science. Ils montrent également une loyauté et une indépendance de caractère qui honorent l'homme dont les opinions se modifient d'après des motifs purement scientifiques [1].

[1] Je ne voudrais pas qu'on prît ces réflexions pour une critique indirecte de la conduite des hommes qui n'ont point modi-

Pour qu'une histoire offre quelques résultats utiles, il faut qu'on puisse compter sur son impartialité. Mais son impartialité ne consiste pas à mettre au même niveau les opinions des deux partis qui ont discuté ensemble, en annulant son propre avis et son jugement. Non, j'ai toujours eu une opinion arrêtée dans ce débat, et je me souciai peu de la cacher. Mais l'impartialité consiste à faire connaître parmi les arguments de ses adversaires ceux qu'ils ont cru être les plus puissants et les plus décisifs en faveur de leur opinion. C'est ce que je me suis efforcé de faire. Le nombre considérable des citations que j'ai introduites dans cette histoire est un gage de cette impartialité dont on trouvera, j'espère, les preuves lorsqu'on pourra lire l'ensemble du travail.

I

(1796 à 1827)

Si durant les années qui précèdent le siècle où nous sommes, il y eut des idées saines sur certains points de l'histoire de la terre, si quelques savants à l'esprit juste et clairvoyant firent des conquêtes réelles et solides sur l'inconnu qui les entourait ; il y avait dans la science bon nombre de points qui étaient obscurs et sur lesquels nous sommes surpris de voir des hommes éminents plongés dans une grande incertitude. L'histoire des combustibles fossiles nous en offre une preuve : Hauy, le célèbre Hauy, [1] et Playfair [2], dont les noms ont laissé de

fié leur manière de voir. On en trouve dans les deux partis, et il est trop évident que les profondes convictions sont trop respectables pour qu'il soit nécessaire d'en parler.

[1] *Journal des Mines*, 1796-1797, t. V.

[2] En 1802, Hutton traduit par Basset, p. 58.

grandes traces dans la science, regardaient l'anthracite comme ayant été formée antérieurement aux animaux et aux végétaux. Cependant de Saussure, en 1796, en avait parlé d'une manière qui ne laisse pas de doutes sur l'origine végétale qu'il lui attribuait[1]. Brochant de Villiers nous apprend que Dolomieu[2] disait que l'anthracite « se trouvait en couches ou en filons dans des schistes micacés qu'il regardait comme primitifs. »

En 1800, Bertrand décide, après mûr examen, que l'anthracite est un minéral. Mais, en 1803, Héricart de Thury prouve qu'elle a été formée par la destruction des êtres organisés. Puis elle fut classée par Brochant de Villiers dans le terrain de transition, et ce savant chercha à montrer que les terrains des Alpes ne faisaient pas exception aux terrains des autres régions.

Buckland ne sut pas distinguer le terrain houiller dans les Alpes, tandis que son compatriote Bakewell reconnaissait, en 1823, le terrain houiller dans le terrain anthracifère, le terrain triasique dans les gypses et le lias dans les calcaires et les schistes à bélemnites.

II

(1828 à 1857)

On en était là lorsque M. Élie de Beaumont découvrit en 1828 la localité de Petit-Cœur, dans laquelle on voit une couche de végétaux fossiles des terrains houillers placée entre deux couches à bélemnites. Il conclut qu'il n'y a pas dans les Alpes de couches plus anciennes que celles à bélemnites, et que la formation qui renfermait

[1] *Voyages* §§ 2324, n°s 33 et suivants.
[2] *Journal des Mines*, 1808, t. XXXIII, 341.

l'association de ces animaux et des végétaux fossiles présentait une puissance d'environ 2000 mètres.

Pendant plusieurs années ces idées ne furent pas combattues, elles trouvèrent des adeptes dans MM. de la Bèche, Sternberg, Bertrand-Geslin, Montalembert, Sc. Gras, Sismonda, Hamilton. M. Voltz est le premier qui réagit contre elles en faisant comprendre que la disposition indiquée par M. Élie de Beaumont pouvait être expliquée par des contournements. Quelques années plus tard, je développais la même idée, sans avoir eu connaissance du travail de M. Voltz. M. Gueymard se joignit à ce dernier. En Angleterre, sir Ch. Lyell disait aux savants qui admettaient la contemporanéité des bélemnites et des végétaux houillers : « *Je le crois parce que c'est vous qui l'avez vu, mais si je l'eusse vu moi-même, je ne le croirais pas.* »

On discutait cette question dans toutes les sociétés savantes : à la Société géologique réunie à Grenoble en 1840 ; au congrès de Turin la même année ; à la Société géologique à Chambéry en 1844, au congrès de Gênes, etc., et pendant plusieurs années nous voyons bon nombre de savants lutter dans un cercle dont les limites n'ont été franchies que bien rarement. La découverte du riche gisement des fossiles liasiques des Encombres ne put éclairer ceux qui n'admettent pas le terrain houiller, pas plus que les déterminations des végétaux houillers si bien faites par MM. Brongniart, Bunbury et Heer. Cependant un des travaux de ce dernier fit pénétrer la persuasion dans l'esprit de Léopold de Buch, qui de ce moment crut à la présence du terrain houiller dans les Alpes.

En 1857, un savant distingué publia un premier mé-

moire sur ce sujet. M. Lory adopta l'idée de la présence du terrain houiller dans son *Esquisse géologique du Dauphiné*, qui fut suivie peu de temps après par un grand ouvrage sur le même sujet. Les savants qui refusaient d'adopter cette idée furent peu à peu conduits à ranger dans la même formation le terrain houiller, le terrain jurassique, le terrain nummulitique et même la mollasse tertiaire.

Dans cette période nous voyons beaucoup de bons travaux, mais nous ne voyons aucune observation très-décisive.

III

(1858 à 1860)

En 1858 une idée nouvelle se fait jour dans la géologie des Alpes occidentales. C'est celle de la présence de l'infra-lias et du terrain triasique. La présence de ces deux terrains créait entre le lias et le terrain houiller une séparation telle qu'on ne pouvait plus admettre qu'ils fissent partie du même terrain.

On trouva le trias à Petit-Cœur, en sorte que cette localité ne put plus être invoquée en faveur de l'union du lias et du terrain houiller, et que le champ de bataille de cette querelle singulière fut transporté en Maurienne.

IV

(1860 à 1863)

La cause de ce changement se trouve dans un mémoire de M. Sismonda, qui décrivait la Maurienne, et dans la découverte des nummulites de Montricher, faite par M. Pillet et annoncée par M. Lory. Ces fossiles ont

été rencontrés dans un terrain que M. Gras classait dans le terrain anthracifère. Il devenait alors évident que sa classification devait être modifiée. La position de ces fossiles, combinée avec celle des terrains houiller, triasique et jurassique, montrait qu'il y avait en Maurienne une succession régulière dans les terrains, lorsqu'on admettait l'idée des contournements soutenue en premier lieu par Voltz et par d'autres. On publia plusieurs mémoires sur cette question, et un grand nombre de géologues purent examiner ensemble ce pays pendant la réunion de la Société géologique de France à St-Jean de Maurienne en 1861. Cette réunion amena des résultats d'autant plus remarquables que pas un des géologues qui nient la présence du terrain houiller dans les Alpes ne s'y rendit ou ne publia de mémoire dans son sens. Les résultats obtenus ont été généralisés et étendus dans le Dauphiné et la Provence, et tous les faits étant d'accord entre eux, on ne put plus différer que sur quelques détails. Enfin, M. Heer, à qui la flore fossile de la Suisse a déjà révélé tant de secrets, publia, en 1863, une notice sur les végétaux du terrain houiller de la Suisse et de la Savoie, dans laquelle il montre que pas une seule plante du terrain houiller des Alpes ne se trouve, ni dans le lias, ni dans le trias. Un peu plus tard, il trouva avec ces végétaux un insecte fossile du terrain houiller, qui est bien sans aucun doute le plus ancien des êtres qui ait vécu en Suisse et qui soit connu maintenant.

Telle est l'histoire fort abrégée de cette singulière discussion, dont j'ai retracé les diverses phases impartialement, j'espère. N'est-il pas curieux qu'il ait fallu trente-cinq années de luttes et de plaidoyers pour éclairer un point de la géologie des Alpes. En effet, les discussions ont

été vives de 1828 à 1863. Ce fait est d'autant plus remarquable qu'avant cette époque la géologie des Alpes faisait des progrès assez semblables à celle des autres pays. Il a fallu trente-cinq ans pour ramener cette branche de la science au point où elle en était en 1827 ; mais cette conquête cependant est plus solidement établie qu'elle n'était alors, on en connaît mieux tous les détails.

Les questions relatives à l'âge des formations peuvent maintenant se résoudre dans les Alpes aussi bien que dans les contrées voisines, et l'on ne peut plus dire que la géologie des Alpes est arriérée. C'était ce qu'en 1842 un juge très-compétent avançait en disant : « que certains points de la géologie des Alpes sont encore plutôt des curiosités pour le géologue que des points de repère.... parce qu'ils présentent toujours dans leur assemblage des anomalies avec nos connaissances paléontologiques du reste de l'Europe[1]. » On ne tiendra plus maintenant le même langage.

Pendant ces trente-cinq années environ, cinquante géologues ont été engagés dans la discussion et la plupart d'entre eux ont publié plusieurs mémoires. On a vu que d'un côté étaient rangés MM Élie de Beaumont, Bertrand-Geslin, Sc. Gras, Ange Sismonda, Rozet, Collegno, Hamilton, etc.; de l'autre côté étaient placés MM. Bakewell, Voltz, Gueymard, Horner, Murchison, Lyell, Ewald, Michelin, Léopold de Buch, Pareto, Bunbury, Schlagintweit, d'Orbigny, Albin Gras, Lory, d'Archiac, Hébert, Triger, Pillet, Vallet, de Mortillet, Baudinot, etc., ainsi que tous les géologues suisses qui se sont occupés de ce

[1] Boué, *Bull. Soc. géol. de France*, 1842, t. XII, p. 136.

sujet, savoir : MM. Studer, Escher de la Linth, Heer, Lardy, Morlot et moi.

Pourquoi tant de savants ont-ils traités cette question? C'est qu'ils n'y voyaient pas seulement la détermination plus ou moins exacte de quelques terrains. Il y avait plus que cela dans la question de Petit-Cœur et dans celle de l'âge du terrain anthracifère.

On discutait pour savoir s'il y avait dans les Alpes un terrain exceptionnel, différent de ce qui était connu dans le reste du monde, et si on était arrivé à démontrer la présence d'une formation spéciale dans ces montagnes, on aurait été disposé à admettre des formations exceptionnelles dans chacune des grandes chaînes, et on ne peut calculer quelles auraient été les conséquences d'un pareil résultat.

On discutait encore une question paléontologique d'une haute portée relative à la durée des faunes et des flores. Si elle avait reçu une solution différente de celle qui a terminé la discussion, elle aurait profondément modifié la paléontologie. En effet, s'il avait été reconnu que les végétaux houillers vivaient encore à l'époque du lias, la botanique fossile pouvait conserver de l'intérêt, mais elle ne pouvait plus servir à caractériser un terrain.

Enfin on discutait une question de stratigraphie qui avait une importance générale, celle des contournements.

Tels étaient les intérêts qui se sont débattus à Petit-Cœur, en Tarentaise et en Maurienne. On a dit que l'illustre Werner avait pensé que le monde était fait sur le modèle de la Saxe, mais ce reproche n'a pas été assez grave pour empêcher son nom d'être rangé parmi ceux

des savants les plus illustres du siècle dernier Ne serait-il pas en droit de dire que les géologues qui ne voulaient pas reconnaître la présence du terrain houiller dans les Alpes, ont pensé que cette chaîne de montagnes était faite sur le modèle de Petit-Cœur ?

SUR L'ÉVAPORATION

A TRAVERS LES MEMBRANES POREUSES

EN PARTICULIER DE LA CELLULE VÉGÉTALE

PAR

M. LE Dr W. SCHUHMACHER.

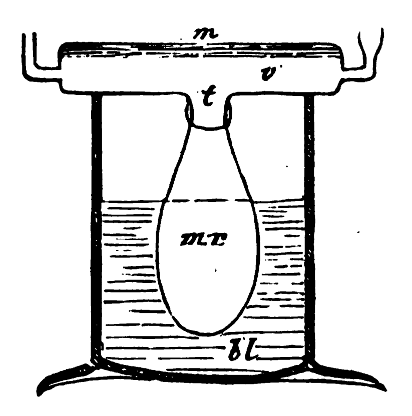
(Traduction de l'un des chapitres de son ouvrage sur la nutrition des plantes [1].)

Lorsqu'une membrane fermée de toutes parts et remplie d'une dissolution quelconque est exposée à l'air atmosphérique, elle laisse passer de la vapeur d'eau et d'autres substances volatiles, et retient les matières non volatiles. Le phénomène ne diffère en rien de celui qui a lieu lorsqne la surface libre de l'eau est en contact avec l'air: les molécules d'eau qui se trouvent dans les interstices moléculaires les plus superficiels de la membrane prennent l'état de vapeur, s'échappent, et sont remplacés par d'autres de l'intérieur. Si la membrane contient une dissolution, cette dernière pénètre dans les intervalles moléculaires, l'eau s'évapore et la dissolution plus concentrée qui en résulte s'égalise avec la moins concentrée de l'intérieur. Il se forme par conséquent un courant de la matière en dissolution, qui part des interstices molécu-

[1] *Die Ernæhrung der Pflanze*, la nutrition de la plante, par le Dr W. Schuhmacher. In-8°, Berlin, 1864.

laires, et d'autre part un courant d'eau qui se dirige du sein du liquide vers les interstices moléculaires de la membrane. La rapidité de l'évaporation varie suivant les circonstances. Je l'ai examinée, à l'aide d'un appareil particulier construit dans ce but, pour la même membrane, à la même température, sous des pressions hydrostatique et atmosphérique autant que possible égales, et j'ai déterminé la quantité d'eau évaporée dans des temps égaux. J'ai trouvé généralement que la rapidité de l'évaporation des dissolutions de la même substance est d'autant plus grande que la dissolution est moins concentrée. La rapidité de l'évaporation par un tube membraneux dans lequel on ne remplace pas l'eau évaporée diminue de plus en plus, à mesure que la dissolution se concentre.

L'appareil qui m'a servi dans ces expériences se compose (voir la figure), d'un vase *v*, en fer blanc, fermé à



sa partie supérieure par une membrane de collodion *m*, muni aux extrémités, d'un côté d'un entonnoir, de l'autre d'un tube, pour laisser échapper l'air pendant

qu'on le remplit. On les ferme par des bouchons quand le vase est plein. A la partie inférieure se trouve une tubulure *t*, à laquelle on fixe un tube membraneux, *mr*. Cet appareil à évaporation repose sur un bocal *bl* dans lequel pend le tube membraneux.

Le vase *v* et le tube membraneux *mr* sont remplis d'une dissolution saline et ce dernier, plongeant dans la dissolution du bocal, absorbe de l'eau, tandis que la membrane *m* laisse passer de la vapeur d'eau.

1° Si le bocal et l'appareil à vaporisation renferment l'un et l'autre une dissolution saline de même concentration, l'eau se vaporise à travers la membrane *m*, la dissolution dans le tube membraneux devient plus concentrée et attire de l'eau du bocal ; a son tour, par cette perte d'eau, la dissolution dans le bocal se concentre aussi, d'où il résulte une certaine quantité de sel diffuse avec l'eau dans le tube membraneux. La dissolution du bocal peut de cette manière passer en totalité dans le tube.

2° Il n'en est plus de même si goutte à goutte on rend à la dissolution du bocal l'eau qui lui est enlevée par la vaporisation à travers la membrane *m*. Pendant cette opération il faut avoir soin de mélanger la dissolution dans le bocal en l'agitant avec le tube membraneux, parce que la diffusion seule ne produit pas aussi vite qu'il est nécessaire une égale distribution de l'eau. Après l'évaporation de plusieurs grammes d'eau par la membrane, les dissolutions dans l'appareil et dans le bocal n'ont éprouvé aucun changement, pourvu qu'en commençant elles aient eu la même concentration. Pendant tout le temps que dure l'expérience, l'état reste le même : toutefois la concentration est plutôt légèrement plus grande dans le tube qu'en dehors. Le courant de

vaporisation qui amène de l'eau dans l'appareil à travers la membrane poreuse n'entraîne point de sel dans le tube.

3° Si l'on remplit l'appareil à vaporisation avec une dissolution d'albumine qui renferme 1 gramme de carbonate potassique sur 100 C C., tandis que l'on introduit dans le bocal une dissolution de carbonate potassique de la même concentration (1 gr. sur 100 C C.) ; si ensuite on ne plonge le tube membraneux dans la dissolution du bocal que de la quantité nécessaire pour que la membrane ne soit pas trop tendue, et si l'on remplace à mesure dans le bocal l'eau qui s'évapore par la membrane *m*, il n'y aura aussi dans ce cas qu'un courant d'eau du bocal dans le tube membraneux et les deux dissolutions de carbonate potassique conserveront sensiblement la même concentration. Mais dès qu'on ne remplace pas l'eau qui s'évapore par la membrane *m*, la dissolution extérieure ne tarde pas à pénétrer dans le tube membraneux et la concentration augmente dans ce dernier, parce que l'eau continue à s'évaporer, tandis que le sel y reste.

4° Lorsqu'on introduit dans l'appareil à vaporisation une dissolution d'albumine, et dans le bocal une dissolution de carbonate potassique renfermant 1 pour 100 de ce dernier, et qu'on laisse entrer dans le bocal autant d'eau qu'il s'en évapore par la membrane, on trouvera au bout de quelques jours dans l'appareil perméable et dans le bocal des dissolutions de même concentration à l'égard du carbonate potassique ; l'albumine attire de l'extérieur de l'eau, qui s'évapore à son tour à travers *m*, le carbonate potassique pénètre avec l'eau dans la dissolution d'albumine jusqu'à ce que la concentration se soit équilibrée dans le tube et dans le bocal.

5° Quand on cesse de remplacer l'eau qui s'évapore, le sel pénètre encore dans le tube ; mais en arrêtant l'expérience avant que toute la dissolution ait passé du bocal dans le tube, on trouvera que la quantité de l'eau évaporée et celle du sel qui a pénétré dans l'appareil ne présentent pas la même proportion que l'eau et le sel de la dissolution extérieure. Il résulte de cela que l'eau et le sel de la dissolution du bocal ne traversent pas la membranes dans la même proportion, ce qui signifie que la dissolution ne pénètre pas de toute pièce. La cause de l'entrée de l'eau dans l'appareil réside dans l'albumine et dans l'évaporation, celle de l'endosmose du sel est la tendance du sel à se mettre en équilibre, c'est-à-dire à se distribuer également dans toute la masse liquide de l'appareil et du bocal. Si l'on introduit dans le bocal une dissolution qui renferme plusieurs sels, les phénomènes sont exactement les mêmes que lorsqu'il ne s'agit que d'un seul sel.

Ces expériences sont pour la physiologie de la plus haute importance ; elles constituent la preuve fondamentale de l'inexactitude de l'idée que l'on se faisait jusqu'à présent de l'introduction des matières nutritives solubles dans la plante. L'appareil qui a été reproduit représente une plante simple, cela va sans dire, seulement au point de vue des phénomènes de diffusion, savoir : une surface perméable qui évapore — la feuille — et une membrane perméable plongeant dans un liquide — la racine. Cette théorie de l'introduction des matières nutritives prouve que, par suite de l'évaporation de l'eau par les feuilles, il se produit dans la racine un courant d'eau partant du liquide qui l'entoure, que ce courant se dirige par les cellules du végétal dans les feuilles, et en-

traîne avec lui les matières dissoutes. Les expériences que nous avons décrites donnent une image très-exacte de cette circulation. Elles montrent également la relation qui existe entre l'évaporation par les feuilles et le liquide qui baigne la racine. L'évaporation détermine surtout l'introduction de l'eau dans la plante, mais en même temps aussi l'endosmose des matières dissoutes, lorsqu'elle a amené une concentration du liquide extérieur (expérience 5) ; toutefois ce n'est pas le courant endosmique de l'eau produit par l'évaporation qui introduit les matières dissoutes dans la plante, mais la tendance de la dissolution extérieure plus concentrée à s'égaliser, quant à la concentration, avec la dissolution moins concentée dans la racine. On a comparé à plusieurs reprises les phénomènes d'évaporation, et Liebig même tout dernièrement, avec ceux que présente un tube, fermé aux deux extrémités par une membrane perméable, rempli d'une dissolution d'albumine et plongeant par un bout dans nne dissolution saline, tandis que par l'autre il évapore. Les phénomènes sont tout différents dans un tube de cette nature de ce qu'ils sont dans la plante. En effet, lorsque l'eau s'évapore par la membrane supérieure du tube, il se produit un vide dans ce dernier, d'où il résulte que la pression atmosphérique qui s'exerce sur le liquide extérieur force une certaine quantité de ce liquide à pénétrer et cela de toute pièce dans le tube. Considérer le corps végétal comme un tube rigide est absolument contraire aux notions de la physiologie ; les choses ne se passent pas dans la plante comme dans un tube, puisque les cellules, particulièrement des feuilles, sont douées d'une si grande mollesse que si l'eau qui s'évapore de leur surface n'est pas remplacée d'une autre

manière que par la pression hydrostatique, il en résulte un affaissement, c'est-à-dire qu'elles se flétrissent. A ce point de vue, mon appareil représente parfaitement la plante, puisque les phénomènes de flétrissure peuvent se produire sur la membrane mince et flexible du tube *mr* : ainsi, par exemple lorsqu'on n'introduit ni eau ni une solution quelconque dans le bocal extérieur, l'évaporation par la membrane *m* occasionne la flétrissure du tube membraneux *mr*, dans la supposition que l'appareil à évaporation ferme hermétiquement et soit rempli d'une dissolution concentrée d'albumine.

La comparaison inexacte de la plante avec un tube rigide a de toutes façons conduit à une appréciation fausse de l'introduction des matières nutritives dans la plante.

Quand l'appareil à vaporisation est rempli d'une dissolution d'une substance peu soluble, et qu'on laisse évaporer l'eau à travers la membrane *m* et le tube membraneux *mr*, à mesure que la concentration à l'intérieur augmentera, il se déposera des cristaux sur la surface extérieure de la membrane et plus tard aussi sur la surface intérieure.

Des huiles essentielles que l'on aurait introduites dans l'appareil se volatiliseraient aussi, traverseraient les membranes perméables et se déposeraient probablement en résine à la surface extérieure.

Il nous reste à mentionner un phénomène produit par l'évaporation de l'eau et qui joue un rôle très-important dans la vie de la plante.

M. Schœnbein a trouvé que toute évaporation engendre du nitrite d'ammoniaque; l'eau qui s'évapore sur une lame de verre en produit, tout aussi bien que si elle s'évapore d'un morceau de toile ou d'un morceau de

papier. Si l'on remplissait d'eau l'appareil décrit ci-dessus, qu'on plongeât le tube membraneux dans de l'eau distillée, et qu'on laissât l'appareil évaporer pendant plusieurs mois, en remplaçant à mesure l'eau disparue dans le bocal, on trouverait peut-être du nitrite d'ammoniaque dans l'eau du tube, car on ne peut douter que l'évaporation de l'eau à la surface de la membrane *m* ne donne aussi naissance à ce sel, qui de là pénétrerait dans l'eau de l'appareil. Pour ces expériences il faudrait naturellement enlever d'abord, par des lavages à l'eau, l'alcool et l'éther que les membranes de collodion pourraient retenir.

QUELQUES CONSIDÉRATIONS SUR LES

COURANTS ÉLECTRIQUES TERRESTRES

PRÉSENTÉES A LA SOCIÉTÉ HELVÉTIQUE DES SCIENCES NATURELLES DANS SA SESSION DE 1864 A ZURICH

PAR

M. A. DE LA RIVE[1].

J'avais essayé au commencement de 1849, dans une lettre adressée à M. Arago et insérée dans les *Annales de Chimie et de Physique* (mars 1849), de montrer l'influence sur les variations des éléments du magnétisme terrestre et sur la production des aurores boréales, de l'électricité qui, sous forme de décharges ou de courants, doit circuler constamment sur la surface de la terre. La même année, M. Barlow, en Angleterre, constatait, au moyen des lignes télégraphiques, l'existence de ces courants; plus tard, M. Lamont, à Munich, en faisait une étude détaillée, et dernièrement le Père Secchi, à Rome, a pu, au moyen d'observations nombreuses et suivies avec une grande persévérance, en déterminer les lois.

[1] Ces considérations ont été présentées à l'appui de la proposition qu'avait faite leur auteur à la Société helvétique des Sciences naturelles, d'ajouter aux observations météorologiques qui se font sous la direction de cette Société, celles des courants électriques terrestres. (A. D.)

En même temps, plusieurs observateurs, Matteucci à Pise, Walker en Angleterre, Loomis en Amérique, les directeurs des télégraphes électriques en France, et plus particulièrement M. Hipp en Suisse, reconnaissaient la présence de forts courants électriques dans les fils télégraphiques pendant l'apparition des aurores boréales. A partir de ma première publication de 1849, je m'étais spécialement attaché à l'étude de ce dernier phénomène; et je crois avoir réussi à bien établir et définir, dans les travaux successifs que j'ai faits sur ce sujet, le véritable rôle que l'électricité terrestre y joue.

S'il est facile d'expliquer uniquement par l'action de l'électricité terrestre (et par là j'entends l'électricité qui circule dans notre atmosphère, aussi bien que celle qui circule sur la terre elle-même) la production des aurores polaires et les perturbations magnétiques qui les accompagnent, je n'estime pas qu'il soit possible de rendre compte, au moyen de cette électricité, de tous les phénomènes du magnétisme terrestre. Non-seulement l'origine même de ce magnétisme ne peut être attribuée à cette cause, trop faible pour déterminer un pareil effet et incapable par son mode d'action de le produire sous la forme qu'il revêt; mais il y a aussi dans les variations que manifestent les éléments magnétiques du globe, des phénomènes qui nous montrent qu'elles ne peuvent dépendre uniquement et exclusivement de l'action des courants terrestres. Déterminer, au moyen d'observations régulières, la part de cette action, ce serait avancer notablement la solution de la question, puisque cette détermination permettrait ainsi de découvrir la part de l'autre cause qui doit nécessairement exister.

Un point remarquable à noter, c'est que trois des sa-

vants qui se sont le plus occupés du magnétisme terrestre, MM. Bravais, Lamont et surtout M. Sabine, sont arrivés, chacun de leur côté, à conclure, de tout l'ensemble de leurs observations, que les variations magnétiques régulières consistent en deux variations périodiques superposées l'une à l'autre, ayant des lois extrêmement dissemblables et probablement des causes immédiates différentes; que, de plus, ces deux éléments constituants de la variation présentent des rapports très-différents l'un vis-à-vis de l'autre dans les diverses parties du globe, et que c'est surtout dans les régions les plus rapprochées des pôles que se fait sentir l'influence sur les variations régulières, de celui des éléments auquel sont dues les perturbations.

Cet élément est évidemment l'électricité terrestre dont les effets plus variables doivent être surtout sensibles dans les régions polaires. L'autre ne peut être que l'action directe du soleil, plus puissante à l'équateur qu'aux pôles. M. Bravais désigne, en effet, les deux genres d'action sous le nom d'*ondes*, dont l'une variable serait une *onde polaire*, et l'autre constante une *onde équatoriale*; la première ayant une intensité décroissante et l'autre une intensité croissante du pôle à l'équateur.

L'existence d'une action directe du soleil nous paraît résulter avec évidence de la discussion approfondie des observations magnétiques faites sur tous les points de la surface du globe; nous n'en citerons que deux preuves. Comment expliquer autrement le fait si important observé par M. Sabine, que, à Toronto et à Hobart-Town, c'est à la même époque de l'année, savoir dans l'intervalle compris entre octobre et février, qui est l'hiver pour Toronto, et l'été pour Hobart-Town, que l'intensité

du magnétisme est à son maximum, tandis qu'elle est à son minimum à ces deux mêmes stations en même temps, dans l'intervalle compris entre avril et août qui est l'été pour la première et l'hiver pour la seconde. Ainsi, il se trouve que la partie de l'année où la force magnétique est la plus grande dans les deux hémisphères également, correspond au périgée, c'est-à-dire à l'époque où la terre est le plus rapprochée du soleil, et celle où elle est la plus faible, à l'apogée, c'est-à-dire à l'époque où elle en est le plus éloignée. N'est-ce pas dire que cette force émane directement du soleil?

Nous en trouvons une seconde preuve dans la coïncidence de l'époque décennale des variations magnétiques découverte par M. Lamont, et la période décennale des taches du soleil signalée par M. Schwabe; cette coïncidence, confirmée par les travaux nombreux de M. Sabine, ainsi que par les recherches de M. Wolf et de M. Gautier, montre l'influence de l'état de la surface du soleil sur les phénomènes du magnétisme terrestre.

Le soleil semble donner à notre globe, par son action directe, les propriétés d'un gros aimant; il agit plus ou moins fortement suivant sa distance à la terre et suivant l'état de sa surface. Voilà un fait qui me paraît certain. Mais quel est son mode d'action? Il est probable qu'il est lié à la rotation de la terre sur son axe, rotation qui déterminerait, soit par l'action calorifique du soleil, soit par un autre genre d'action inconnu, des courants dirigés de l'est à l'ouest dans les couches les plus conductrices de la croûte terrestre. L'existence de ces courants, qui doivent varier en intensité et en position, dans certaines limites, avec le temps et avec les lieux, suivant des circonstances faciles à comprendre, expliquerait très-

bien, ainsi qu'Ampère l'a démontré, tous les phénomènes généraux de direction et d'intensité du magnétisme terrestre.

Telle serait donc cette première cause, origine même du magnétisme terrestre, que nous avons signalée il y a un instant. Quant à la seconde, plus inconstante, à laquelle sont essentiellement dues les perturbations, tout nous prouve qu'elle provient du jeu de l'électricité terrestre.

Considérons, en effet, un instant ce que l'observation nous apprend sur l'état électrique du globe terrestre. Dans l'état normal, l'atmosphère possède une charge d'électricité positive croissante avec la hauteur ; la terre, par contre, est chargée à sa surface d'électricité négative. Sans nous occuper pour le moment de l'origine de ces deux électricités, nous remarquerons seulement que l'électricité positive part essentiellement des mers tropicales, ayant pour véhicules les vapeurs aqueuses qui la portent dans les régions supérieures de l'atmosphère, et de là par l'effet des vents alisés vers les régions polaires; l'électricité négative, de son côté, reste dans le sol. Maintenant, il est évident que la cause quelconque qui sépare ces deux électricités agissant toujours, elles doivent aussi tendre constamment à se neutraliser; neutralisation qui s'opère, soit verticalement par des décharges accidentelles et irrégulières entre le sol et l'atmosphère, soit constamment et régulièrement par des décharges qui ont lieu dans les régions polaires, où la couche atmosphérique positive est beaucoup plus rapprochée de la surface du sol négatif; rapprochement qui tient à la direction inclinée des vents alisés de l'équateur aux pôles. Ajoutons que la couche atmosphérique la plus rap-

prochée du sol doit jouer le rôle de la couche isolante d'un condensateur dont les deux plateaux condenseurs seraient d'une part le sol négatif, d'autre part les couches positives de la partie supérieure et raréfiée de l'atmosphère. Il est vrai que cette couche isolante devenant quelquefois, par l'effet de l'humidité, plus ou moins conductrice, permet alors, comme nous l'avons remarqué, une neutralisation directe des électricités ; neutralisation qui n'a lieu d'une manière normale que dans les régions polaires où la tension électrique et l'humidité sont constamment à leur maximum.

Passons maintenant aux observations.

Les premières que nous signalerons, parce qu'elles ont un caractère tout spécial, sont celles de M. Matteucci, qui est parvenu à constater, au moyen d'un galvanomètre très-sensible, la présence d'un courant électrique circulant constamment dans un fil télégraphique réunissant deux plaques métalliques plongées dans le sol à une distance de six kilomètres seulement; les précautions les plus minutieuses avaient été prises par l'observateur pour éviter toute action chimique sur les deux électrodes et pour s'assurer du parfait isolement des fils. Les observations ont été faites dans deux directions ; l'une était celle du méridien magnétique, l'autre une ligne perpendiculaire à ce méridien. Les électrodes plongées dans le sol, sur la ligne méridienne, ont donné un courant beaucoup plus constant que celles qui étaient placées sur la ligne équatoriale ; avec ces dernières, le courant était souvent nul ou était dirigé tantôt dans un sens, tantôt dans un autre; avec les premières, le courant était presque toujours dirigé du sud au nord et présentait des variations d'inten-

sité assez régulières, ayant deux maxima et deux minima dans les vingt-quatre heures [1].

La petite distance comprise entre les électrodes jointe à la grande résistance du fil galvanométrique nous porte à croire que les courants observés dans le méridien magnétique par M. Matteucci, ne sont point des courants dérivés du grand courant terrestre, d'autant plus que leur sens est contraire à celui de ce grand courant. Ils seraient plutôt, de même que les courants observés dans une direction perpendiculaire, l'effet de circonstances liées à l'humidité et à la température du sol et de l'air; éléments variables dans les 24 heures. Nous allons voir dans l'instant que les véritables courants dérivés du grand courant terrestre ont une direction et des caractères tout différents.

M. Matteucci a observé également des courants très-prononcés dans un fil qui réunit deux stations situées à des niveaux différents. Ces observations faites d'abord en même temps que les premières, sur une petite distance également, 600 mètres seulement avec 150 mètres de différence de niveau, ont été reprises plus tard par le savant physicien italien sur une beaucoup plus grande échelle [2]. Une première série d'expériences a été faite sur une ligne télégraphique longue de 36 kilomètres avec une différence de niveau entre les extrémités, de 281 mètres. Dans une autre série la ligne était longue de 27 kilomètres et la différence de niveau était de 642 mètres.

[1] Voyez *Comptes rendus de l'Acad. des Sciences*, mai 1864, p. 912.

[2] *Comptes rendus de l'Acad. des Sciences*, septembre 1864, p. 511.

Les courants électriques obtenus dans ces longues lignes ont donné des déviations fixes au galvanomètre beaucoup plus fortes (c'est-à-dire de 40, 60 et même 80 degrés) que celles de 20 à 25 degrés seulement, produites par les courants observés près de Turin sur la longueur de 600 mètres. Mais le sens des courants a été le même dans tous les cas, c'est-à-dire qu'il était *ascendant*, soit dirigé de bas en haut.

Il est difficile de donner une explication bien satisfaisante de l'origine de ces courants qui sont dans une certaine dépendance de l'électricité atmosphérique; car M. Matteucci a observé que leur intensité augmente dès qu'il y a des éclairs qui éclatent parmi les nuages. Il est évident que leur existence tient à ce que l'électricité négative du sol doit avoir une tension plus grande sur un lieu élevé que dans la plaine. Cette différence de tension peut donner naissance à un courant d'électricité négative *descendant*, ou, ce qui revient au même, à un courant d'électricité positive *ascendant*, si l'équilibre est troublé par l'influence de l'électricité atmosphérique, comme cela arrive nécessairement à chaque instant. Il nous paraît difficile d'attribuer aux courants observés par M. Matteucci une autre origine que celle que nous venons d'indiquer; lui-même reconnaît qu'ils ne peuvent être ni des courants dérivés, ni des courants d'induction.

Il n'en est pas de même de ceux dont le Père Secchi a constaté la présence dans des fils télégraphiques beaucoup plus longs et dans de tout autres circonstances [1]. Pendant plus d'une année, il a observé plusieurs fois par

[1] *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, du 27 juin 1864, p. 1181.

jour les courants circulant dans un fil télégraphique dirigé de Rome à Anzio, c'est-à-dire du nord au sud, sur une longueur de 52 kilomètres, et qui est la ligne même qui sert à l'Observatoire romain. Il a pu comparer les variations de ce courant terrestre méridien à celles des divers éléments du magnétisme terrestre et de l'électricité atmosphérique. Il a trouvé dans l'intensité de ce courant une période diurne très-marquée, ayant son minimum principal le matin, entre 7 et 9 heures, et son maximum près de midi, périodes parfaitement d'accord avec celles du déclinomètre et du magnétomètre bifilaire; ce qui montre que la composante horizontale du magnétisme terrestre suit dans ses variations d'intensité les mêmes phases que le courant méridien terrestre. Le sens général du courant, sauf quelques perturbations, est celui du nord au sud, preuve à ajouter à bien d'autres que le courant observé par le Père Secchi est une dérivation du grand courant terrestre auquel donne naissance la neutralisation s'opérant régulièrement près des pôles, de l'électricité négative de la terre et de la positive de l'atmosphère. Quant à ses variations diurnes d'intensité qui correspondent à celles de l'électricité atmosphérique, elles doivent tenir à quelque influence indirecte du soleil, telle, par exemple, qu'un degré plus ou moins grand d'humidité dans l'atmosphère. Et, en effet, suivant Reslhuber, la grandeur de la variation diurne de la déclinaison magnétique pendant tous les mois de l'année est la plus petite à l'époque du maximum d'humidité et la plus grande lors du minimum d'humidité.

En même temps que le Père Secchi observait les courants électriques sur la ligne méridienne, M. Jacobini, inspecteur des télégraphes romains, faisait, sur sa de-

mande, des observations semblables entre Rome et Ascoli, station placée sur les montagnes, à l'est de Rome et à 58 kilomètres de distance; la direction de cette ligne se trouve normale à celle du méridien magnétique. M. Jacobini a constaté l'existence d'un courant équatorial dont les variations sembleraient être inverses de celles du courant méridien; mais il présenterait, soit dans son intensité, soit dans sa direction, de nombreuses perturbations qui seraient un signe très-marqué de mauvais temps et de la présence de bourrasques dans les lieux environnants; confirmation de la connexion déjà établie depuis longtemps par le Père Secchi entre les bourrasques et les perturbations magnétiques. Ce courant équatorial nous paraît devoir être attribué à la neutralisation directe de l'électricité terrestre et de l'électricité atmosphérique, réunion facilitée par la différence de niveau des deux stations; on comprend dès lors sa liaison avec les changements de temps.

Cette dernière espèce de courants serait donc de même nature que les courants observés par M. Matteucci entre deux stations situées à des niveaux différents. Quant aux courants observés par le Père Secchi dans la direction du nord au sud, il suffit, pour voir qu'ils diffèrent totalement de ceux étudiés par M. Matteucci, de remarquer que non-seulement ils sont dirigés en sens inverse, mais qu'en outre les moments de leurs minima et de leurs maxima sont opposés.

Indépendamment des perturbations qui proviennent de causes locales et qui accompagnent les orages et les bourrasques, il en est de bien plus importantes et qui se rattachent à une cause générale. Ce sont celles qui résultent des décharges extraordinaires qui ont lieu dans les ré-

gions polaires. J'ai essayé de montrer, dans ma théorie de l'aurore boréale, qu'il arrive nécessairement des moments où les électricités accumulées dans le voisinage des pôles, négative sur la terre, positive dans l'atmosphère, acquièrent un degré de tension tel qu'elles se neutralisent au moyen d'une ou plusieurs décharges d'une intensité exceptionnelle et accompagnées d'une production de lumière qui constitue l'aurore polaire. Les neutralisations accidentelles dont il s'agit doivent avoir lieu à peu près simultanément aux deux pôles, vu la parfaite conductibilité du globe terrestre et celle non moins grande des couches supérieures de l'atmosphère.

Ces décharges exceptionnelles exercent nécessairement de grandes perturbations sur le courant normal dirigé des pôles à l'équateur et qui résulte de la succession non interrompue des petites décharges régulières qui ont lieu dans les régions polaires. C'est ce que plusieurs observateurs ont constaté en enregistrant les déviations d'un galvanomètre placé dans le circuit d'un fil télégraphique pendant l'apparition d'une aurore polaire. Les changements qu'éprouve le sens du courant tiennent à ce que ces décharges accidentelles s'opèrent tantôt à l'un des pôles terrestres, tantôt à l'autre, et rarement exactement au même instant à tous les deux ; on peut expliquer ainsi les oscillations des appareils magnétiques qui subissent l'influence de ces décharges variables en direction aussi bien qu'en intensité.

Cette manière d'envisager le phénomène est parfaitement d'accord avec les résultats des observations, notamment de celles de M. Sabine, qui constatent l'existence presque simultanée des perturbations dans toutes les parties du globe. Ainsi, par exemple, en 1843, 1844

et 1845, les observations troublées ont eu lieu non-seulement en même nombre, mais presque toutes aux mêmes jours, aux deux stations opposées de Toronto et de Hobart-Town. J'ai eu l'occasion déjà de faire remarquer ailleurs la coïncidence dans les apparitions des aurores australes et boréales qui tient à la même cause.

M. Balfour-Stewart, qui s'est dernièrement occupé avec beaucoup de soin des perturbations magnétiques qu'il enregistre à Kew, au moyen de procédés photographiques, a bien reconnu leur coïncidence avec les perturbations des courants terrestres, mais il serait disposé à rattacher ces divers effets concomitants à une cause plus générale que celle qui les fait dépendre les uns des autres, savoir à une espèce d'effet d'induction exercé par le soleil sur notre globe, induction qui à la fois en modifierait son magnétisme et déterminerait des courants électriques sur sa surface. M. Airy, qui a fait également une étude remarquable, à Greenwich, des perturbations magnétiques enregistrées aussi photographiquement, arrive à conclure qu'elles ne sont pas toujours simultanées dans les divers appareils magnétiques, en particulier dans le déclinomètre et dans le magnétomètre bifilaire. Aussi il ne serait pas éloigné d'admettre l'existence d'un éther magnétique dans lequel, sous l'influence solaire, se formerait un courant analogue à ce que sont les vents alisés dans notre atmosphère et susceptible comme eux de perturbations qui se manifesteraient par leur action sur les appareils magnétiques. M. Airy ne s'occupe pas des courants électriques terrestres.

M. Lloyd et M. Lamont seraient, par contre, disposés à attribuer toutes ces variations magnétiques à des ondes électriques terrestres provenant de changements d'équi-

libre dans l'état électrique statique du sol et de l'atmosphère; changements que M. Lloyd regarderait comme un simple effet de la chaleur solaire, tandis que M. Lamont les considérerait comme provenant d'une force électrique émanant directement du soleil.

Cependant, plus j'ai étudié de près les nombreux résultats des observations magnétiques recueillies par tant de savants distingués, en particulier ceux que M. Airy vient de faire connaître tout récemment, plus je me suis convaincu de la vérité du principe que j'ai posé dans mon *Traité de l'électricité* et que j'ai rappelé il y a un instant, c'est que tous les effets du magnétisme terrestre sont dus à deux causes parfaitement distinctes l'une, qui est l'origine même du magnétisme terrestre, savoir l'action directe du soleil ; l'autre modifiant l'effet de la première par l'action de courants ou décharges électriques dont l'existence est la conséquence de la présence des deux électricités sur notre globe.

La première de ces causes, bien plus énergique et bien plus constante que la seconde, ne serait soumise qu'à des variations d'intensité provenant de la position variable de la terre par rapport au soleil et de changements dans la surface même de cet astre. La direction imprimée par cette force au magnétisme terrestre pourrait bien à la longue éprouver des variations par suite de modifications survenant dans la constitution physique de l'intérieur du globe ; modifications qui, en altérant la conductibilité des couches terrestres, influeraient sur la direction de la route que suivraient les courants d'induction développés autour de la terre par l'action du soleil ; on trouverait là une explication naturelle des variations séculaires des éléments du magnétisme terrestre.

La seconde cause, par contre, beaucoup plus variable que la première, serait celle qui déterminerait essentiellement les variations que manifestent à chaque instant dans leurs indications tous les appareils destinés à l'appréciation de l'état magnétique du globe. Il est vrai que les variations d'intensité de la cause principale pourraient aussi avoir une part dans la production des variations régulières de la direction, mais les courants terrestres demeureraient la cause unique des perturbations. Ces perturbations, soit dans les courants perçus par les fils télégraphiques, soit dans les divers appareils magnétiques, sont presque toujours simultanées. Il y aurait, d'après M. Airy, une exception pour le magnétomètre de force verticale; ainsi, tandis que le nombre des perturbations occasionnées par les orages magnétiques, au nombre de 177, est sensiblement le même pour le déclinomètre et le magnétomètre bifilaire, il n'est que la moitié pour le vertical. Il est facile de voir que, tandis que les deux premiers instruments doivent éprouver l'influence de toutes les décharges, quelles que soient leur direction et leur intensité, il y a nécessairement des décharges dont la direction et l'intensité sont telles qu'elles peuvent être sans action sur le troisième.

Ainsi donc, pour nous résumer, il nous semble qu'il serait important pour l'avancement de la physique du globe, de pouvoir ajouter aux résultats fournis par les instruments magnétiques, qui sont nécessairement complexes, puisqu'ils dépendent à la fois des deux causes qui jouent un rôle dans les phénomènes du magnétisme terrestre, des observations ayant pour objet l'étude seulement de l'une des causes. Or, la cause principale, celle qui dépend de l'action directe du soleil, ne semble pas

susceptible d'être isolée, car en supposant que ce soit bien par la production de courants d'induction qu'elle agisse, ce qui n'est même encore qu'une hypothèse, il serait difficile, pour ne pas dire impossible, de plonger des sondes de manière à atteindre les couches terrestres situées probablement à de grandes profondeurs, dans lesquelles circulent ces courants, afin d'en dériver une partie. Il n'en est pas de même des courants nécessairement superficiels dus à la neutralisation des électricités terrestre et atmosphérique, qui constituent pour nous, la seconde cause.

Nous avons vu qu'il est facile de les percevoir au moyen de dérivations, en plongeant dans le sol à des distances plus ou moins grandes des plaques conductrices unies par des fils télégraphiques dans le circuit desquels sont placés des galvanomètres. Sans doute, il y a un choix à faire dans la direction à donner aux lignes aux extrémités desquelles ces sondes doivent être placées. La direction la plus importante est évidemment celle du méridien magnétique ; mais il serait précieux de pouvoir en ajouter à cette direction deux autres, l'une perpendiculaire à la première, l'autre caractérisée surtout par une grande différence de niveau entre ses deux extrémités. Car il faudrait, autant que possible, que les extrémités de chacune des deux directions, méridienne et équatoriale, fussent sur le même niveau.

Je suis convaincu que des observations suivies avec soin sur trois lignes établies de la manière que je viens d'indiquer, avec un parcours de 50 à 100 kilomètres, pourraient conduire à des résultats nouveaux et intéressants sur le rôle de l'électricité dans les phénomènes météorologiques, en même temps qu'elles contribueraient

puissamment à faire avancer l'étude du magnétisme terrestre.

L'industrie doit à la science bien des applications utiles, et parmi ces applications, certainement, la découverte du télégraphe électrique est une des plus importantes. La science se montrera-t-elle trop exigeante si elle demande à son tour à l'industrie de contribuer à son progrès en mettant à sa disposition un ou deux de ces nombreux fils télégraphiques par lesquels elle établit maintenant une communication instantanée entre toutes les parties du monde? Je ne le pense pas; aussi, je puis espérer que, soit en Suisse, soit dans d'autres pays, on pourra instituer, comme on l'a fait à Rome, des observations régulières sur les courants électriques terrestres, faites au moyen de fils télégraphiques mis par les gouvernements à la disposition des observateurs.

Remarques additionnelles à l'article qui précède, tirées d'une lettre du Père Secchi à M. le prof. de la Rive.

Ayant adressé au Père Secchi quelques demandes de renseignements sur le sujet des courants électriques terrestres et sur la meilleure manière de les observer, j'ai reçu du savant astronome romain une réponse qui contient des détails intéressants que je me permets de publier, avec son autorisation, à la suite de mon travail, en me bornant à ceux qui touchent à la question générale.

A l'occasion de la longueur des circuits, soit de la distance à laquelle il faut placer l'une par rapport à l'autre les deux électrodes auxquelles aboutissent les extrémités du fil, le Père Secchi estime que cette distance doit être

de 40 kilomètres au moins et de 60, si c'est possible, ce qui est bien plus que suffisant. Il remarque, avec raison, que plus les circuits sont longs, moins ils sont sujets à des influences particulières et locales. Il est disposé à croire que, dans une région montueuse comme la Suisse, on doit trouver d'assez grandes irrégularités dans les courants et il cite, à l'appui de sa remarque, l'observation de M. Jacobini, inspecteur des télégraphes à Rome, qui, en étudiant les courants des lignes qui vont aux montagnes, les trouve très-variables. Il a même observé dernièrement un fait curieux, savoir : que des lignes dirigées des montagnes vers la mer, qui n'avaient donné longtemps que des courants très-faibles, ont tout à coup amené des courants beaucoup plus forts, sans qu'il y ait absolument rien eu de changé dans les plaques servant d'électrodes ni dans le système des fils.

Le Père Secchi insiste, comme je l'ai fait, sur l'importance d'avoir les électrodes placées au même niveau pour éviter l'influence de l'action directe de l'atmosphère ; mais il estime qu'il serait très-intéressant de profiter de la configuration particulière de la Suisse pour étudier l'influence de la hauteur, en ayant soin, ce qui pourrait éclaircir bien des points douteux, de faire simultanément, avec l'observation des courants, celle de l'état du ciel et de l'atmosphère dans les deux stations où se trouveraient les électrodes ; l'état du ciel étant un élément important dans la question. Il serait important, quand on observe les courants dans les deux directions du méridien et de l'équateur magnétique, que non-seulement les extrémités des lignes fussent au même niveau, mais, de plus, que leur position fût, autant que possible, semblable par rapport à quelque grand centre d'action météorologique, tel que sont communément les grandes montagnes.

« Vous me pardonnerez, dit le Père Secchi, si j'insiste autant sur l'action météorologique, mais je viens de résumer actuellement mes observations magnétiques de dix ans, et je trouve que les éléments météorologiques jouent un rôle immense dans les variations magnétiques, et comme ces variations sont en rapport avec les courants terrestres, on ne peut plus négliger cet élément si l'on veut pénétrer la cause mystérieuse du magnétisme terrestre. Pour que vous jugiez vous-même de cette influence, je vous dirai que, ayant classé toutes les *oscillations diurnes* des barreaux aimantés sous trois chefs, celles qui ont lieu avec le vent du sud, celles qui ont lieu avec le vent du nord et celles qui ont lieu avec les bourrasques pendant lesquelles tombe la pluie, j'ai trouvé pour les quatre années que j'ai étudiées jusqu'ici, les résultats suivants énoncés en divisions de l'échelle du bifilaire :

Année.	Avec vent du sud.	Avec vent du nord.	Avec bourrasque.
1860	$10^d,73$	$7^d,63$	$14^d.45$
1861	11,00	8,00	12.20
1862	11,92	8,90	12.70
1863	10,92	8,18	12,27

« La colonne des bourrasques devrait encore être augmentée si l'on tenait compte des simples apparitions des *cirri* et des *nuages* qui font souvent parcourir plusieurs divisions en peu de temps aux instruments magnétiques et qui donnent toujours des courants aux fils galvanométriques. Je n'ai pas encore achevé la réduction de mes observations, mais les nombres que je vous ai transcrits ci-dessus sont assez d'accord pour me faire croire qu'il y a là une règle générale. »

Le Père Secchi est porté à croire que les observations faites dans un pays montueux comme la Suisse, auront

surtout l'avantage de permettre d'étudier les variations des courants électriques terrestres en vue des influences locales, telles que la hauteur, la température, la formation des nuages, la direction des vents locaux, etc. Pour les grands courants généraux qui sillonnent le globe, une grande plaine uniforme, telle qu'on en trouverait, par exemple, en Russie, serait un champ d'observations bien plus favorable.

La lettre du Père Secchi se termine par quelques remarques sur le dernier travail de M. Airy, relatif à la discussion des observations de perturbations magnétiques faites à Greenwich, dont j'ai parlé dans les considérations qui précèdent. Il observe, avec raison, que les mêmes courants terrestres dirigés du nord au sud ou de l'est à l'ouest peuvent très-bien agir sur le déclinomètre sans agir sur le bifilaire et réciproquement, conformément aux lois d'Ampère, et que, par conséquent, il n'est pas extraordinaire que l'un des instruments soit troublé sans que l'autre le soit. L'action exercée sur le vertical doit dépendre aussi de la position à l'est ou à l'ouest du courant dirigé du nord au sud. En général, le courant paraît se diriger vers le centre de la bourrasque, et il pourra arriver que, au commencement de l'observation, ce courant soit sans action, vu sa direction, sur l'un des instruments magnétiques et que, plus tard, la bourrasque changeant de place et par conséquent le sens du courant changeant aussi, il en résulte une perturbation sur ce même instrument.

Mais, si au lieu de prendre quelques observations détachées, on considère la période complète d'une perturbation, il n'arrivera que bien rarément qu'un des instruments magnétiques soit troublé et que l'autre ne le soit pas. Le savant astronome romain signale une circonstance assez extraordinaire qui se manifeste quelque-

fois, mais rarement : c'est que l'un des instruments est pour ainsi dire *paralysé*, que le *déclinomètre*, par exemple, n'accuse aucun mouvement même pour les variations diurnes régulières, tandis que les indications du *bifilaire* sont dans le même moment exagérées. Cet effet ne se fait pas apercevoir quand on se borne à prendre des moyennes, parce que, après l'*exagération* d'un jour vient la *paralysation* qui a lieu un autre jour. La considération des moyennes dans cette étude peut conduire à de grandes illusions Le phénomène observé par M. Airy, de la non-coïncidence dans certains cas des perturbations d'un instrument magnétique avec celles d'un autre, peut facilement s'expliquer, mais il est loin d'être la règle générale, du moins à Rome. Il est probable qu'on trouvera dans chaque pays des règles particulières pour ces variations, comme on en a trouvé pour l'état de l'atmosphère.

Quant à la cause de tous ces phénomènes, le Père Secchi ne pense pas qu'on puisse la chercher ailleurs que dans l'existence des courants électriques ; l'observation, en particulier, montre que dans le cas des orages le courant chemine vers le centre de la bourrasque, c'est-à-dire là où abonde en général l'électricité négative de la pluie, quelle que soit du reste l'origine de cette électricité. Il en résulte des courants qui agissent sur les aimants d'une manière ou de l'autre, suivant leur direction et suivant la position des aimants par rapport à eux.

Le Père Secchi veut bien me promettre d'autres communications sur ce sujet intéressant quand il aura terminé la rédaction de toutes ses observations, travail dont il s'occupe actuellement.

SUR CERTAINES
PROPRIÉTÉS PHYSIQUES DU TISSU MUSCULAIRE

PAR

M. LE Dr WILLIAM MARCET.

(Communiqué à la Société de Physique et d'Histoire naturelle de Genève, le 5 janvier 1865.)

Lorsqu'une dissolution aqueuse se trouve en contact avec du papier à filtrer, avec une éponge ou d'autres corps poreux de même nature, le liquide pénètre dans l'intérieur de ces corps et se distribue également dans toute leur masse, en vertu de leur porosité. Ce phénomène est d'une nature purement physique; chaque partie de l'éponge, du papier Joseph ou du corps poreux quelconque, contiendra, à quelques exceptions près, une quantité égale, ou à peu près égale, de la dissolution en question, qui présentera partout la même composition. Si l'on suppose un tube ouvert à l'une de ses extrémités, et fermé à l'autre extrémité par un corps poreux mis extérieurement en contact avec de l'eau, et que l'on verse dans ce tube une dissolution aqueuse, cette dissolution passera au travers du corps poreux dans l'eau, sans que sa composition se trouve notablement altérée. On pourra toujours reconnaître qu'un corps est poreux, d'abord par la faculté qu'il aura de se laisser pénétrer par l'eau

qui en ressortira comme au travers d'un filtre, et ensuite parce qu'une dissolution qu'on ferait passer à travers ce corps, en le mettant en contact extérieurement avec de l'eau, se trouverait avoir à sa sortie à peu de chose près la même composition chimique qu'à son entrée. C'est ainsi qu'un liquide qui contiendrait 10 pour cent d'albumine, se trouverait toujours contenir cette même quantité d'albumine après avoir traversé un corps poreux. Certains cas, cependant, dont nous n'avons pas à nous occuper ici, font exception à cette règle : tel est celui où des liquides contenant des matières colorantes, de l'ammoniaque ou des alcaloïdes végétaux, seraient filtrés au travers d'une masse de charbon ; tel est encore celui où l'on ferait filtrer une dissolution de sels inorganiques au travers d'un terrain arable. Dans ce cas, en effet, Liebig a démontré que le terrain s'empare de ces matières solubles et les rend insolubles ; mais je le répète, ces cas ne doivent pas nous occuper dans le travail actuel.

Si, au lieu d'un corps poreux, nous choisissons un corps qui manque essentiellement de pores, tel qu'une masse de gélatine en gelée, et que nous placions cette gelée en contact avec une dissolution aqueuse, il arrivera que celle d'entre les substances contenues dans cette dissolution qui jouissent de la propriété de cristalliser, telles que le chlorure de sodium, par exemple, passeront dans la gelée où on pourra les retrouver à l'analyse chimique, tandis que celles d'entre elles qui sont incristallisables, telles que l'albumine, ne pénètreront pas dans la gelée. Un phénomène semblable a lieu, si au lieu de gelée on se sert d'eau distillée, et qu'on introduise avec soin, et de manière à éviter le mélange

des liquides, une dissolution aqueuse au fond d'une éprouvette allongée contenant de l'eau. On parvient facilement à s'assurer que les substances *cristallisables* contenues dans la dissolution se sont répandues au bout de quelques heures dans toute la masse liquide, tandis que les substances *amorphes* qui s'y trouvaient n'en sont point sorties, et même au bout de plusieurs jours n'ont pénétré que très-faiblement la colonne d'eau qui les recouvrait. C'est là le phénomène que Graham a désigné sous le nom de *diffusion liquide,* et attendu que les corps qui peuvent cristalliser, de même que ceux qui ne peuvent revêtir cette forme, jouissent, sous le rapport de leur diffusion, de propriétés spéciales, le chimiste anglais a proposé de donner aux premiers le nom de corps *cristalloïdes,* et aux seconds celui de corps *colloïdes*. Parmi les corps colloïdes se rangent, d'après Graham, les membranes animales et le papier connu sous le nom de papier-parchemin, qu'on prépare au moyen de l'action de l'acide sulfurique sur du papier dépourvu de colle. Ce papier est impénétrable à l'eau si l'on s'en sert comme filtre, mais si on le met en contact, d'un côté avec une dissolution aqueuse, et de l'autre avec de l'eau distillée, il laissera passer, à travers son tissu, dans l'eau distillée les corps cristalloïdes que contient la dissolution, mais interceptera le passage de ceux qui sont colloïdes. Ce phénomène, que Graham a désigné sous le nom de *dialyse*, est essentiellement le même que celui qui a lieu lorsque l'on place une dissolution en contact avec une masse en gelée, et le chimiste anglais a imaginé un appareil très-simple destiné à opérer la séparation des corps cristalloïdes d'avec les corps colloïdes au moyen de la dialyse. Cet appareil, ou *dialyseur*, comme

il l'appelle, consiste en un disque de papier-parchemin, lequel, après avoir été mouillé, est appliqué sur un cercle fait d'une lame de gutta-percha d'environ 5 centimètres de hauteur, et dont le diamètre peut varier de 9 à 30 centimètres, de manière à former une sorte de tamis. Le disque de papier-parchemin doit avoir un diamètre plus grand de 5 à 6 centimètres que celui du cercle, afin qu'il puisse être relevé autour du bord de celui-ci auquel il est fixé par une bande de gutta-percha. On verse dans cette espèce de tamis la dissolution que l'on veut expérimenter, de manière à recouvrir le papier-parchemin d'une couche de faible épaisseur, 15 millimètres environ. L'appareil est alors mis à flotter dans un bassin contenant un volume d'eau distillée égal à au moins huit à dix fois celui de la dissolution. — Je passe maintenant aux expériences qui font le sujet de mon travail.

En considérant le tissu musculaire au point de vue physique, je fus dès l'abord frappé de l'idée qu'un muscle devait être nécessairement un corps colloïde, puisque, d'après Graham, une membrane, qui de même qu'un muscle, est un corps animal organisé, jouit de caractères essentiellement colloides; et que de plus, on ne peut parvenir, même au moyen d'une pression extrêmement forte, à exprimer à peine quelques gouttes de jus d'une masse considérable de muscle, montrant ainsi qu'il ne peut être considéré comme ayant les caractères d'une éponge. Quant à sa structure, le tissu musculaire est composé d'une foule de petits faisceaux de fibres réunis les uns aux autres au moyen de tissu cellulaire, n'offrant au premier abord aucune apparence de porosité. J'avais cependant remarqué que de la viande crue, plongée dans l'eau froide, abandonnait à cette eau une

grande quantité d'albumine, fait qui ne parassait guères s'accorder avec l'idée que j'avais conçue sur la nature colloïde d'un muscle. Il s'agissait, en effet, ici d'un corps colloïde qui aurait en apparence la faculté de passer à travers un autre corps colloïde, car il fallait bien que l'albumine eût traversé le muscle de l'intérieur à la surface, pour que cette albumine se retrouvât dans l'eau. Or, la loi fondamentale de la diffusion liquide est, qu'une substance colloïde est incapable de passer au travers d'un autre corps colloïde. Il y avait donc ici une contradiction apparente que je me suis appliqué à résoudre.

Je me suis d'abord demandé s'il était possible que l'albumine des muscles fut spécialement douée, contrairement à l'albumine de l'œuf, du sang, etc. de la propriété de se diffuser au travers du tissu musculaire. En cas de réponse négative, il restait à examiner le tissu musculaire lui-même, et à reconnaître expérimentalement si ce tissu était véritablement une masse colloïde, ou s'il ne serait peut-être pas un corps poreux.

Je commençai d'abord par préparer un extrait aqueux du tissu musculaire, en triturant dans un mortier, avec de l'eau, de la viande crue coupée en menus fragments, et en exprimant dans un linge la liqueur qui en découlait. Cette liqueur contenait une forte proportion d'albumine, susceptible de se coaguler par l'action de la chaleur, et qui se précipitait par l'acide azotique comme l'albnmine ordinaire. Je renfermai une certaine quantité de ce liquide dans une portion d'intestin de porc qui avait été conservée à l'état sec, et mouillé seulement au moment de l'expérience, afin de le rendre plus souple. La vessie ainsi remplie de liquide fut plongée dans de l'eau pendant 24 heures environ. A l'expiration de ce

temps, à peine quelques traces d'albumine étaient-elles visibles dans l'eau, preuve que cette substance n'avait pu passer au travers de la membrane.

Après avoir obtenu un résultat parfaitement semblable, en faisant dialyser du jus de viande dans un dialyseur ordinaire muni d'un diaphragme de papier-parchemin, j'introduisis un fragment de viande crue au fond d'une éprouvette longue et étroite que je remplis d'eau, et je laissai le tout en repos pendant deux jours. Au bout de ce temps, l'eau avait acquis jusqu'au niveau supérieur de la viande une teinte rougeâtre qui ne s'étendait pas au delà. Je partageai alors la colonne d'eau au-dessus de la viande en quatre couches horizontales, au moyen de petites bandes de papier collées au verre ; puis j'examinai séparément chacune de ces couches décantées successivement au moyen d'un syphon. J'obtins ainsi la certitude que la troisième et quatrième couche présentaient seules quelques traces d'albumine, tandis que le liquide coloré en était abondamment pourvu. Il résulte évidemment de cette expérience que l'albumine avait pu se frayer un passage en dehors du tissu musculaire, mais que l'eau avait opposé un obstacle presque insurmontable à sa diffusion dans ce liquide. Je songeai alors à remplacer dans cette expérience l'eau par de la gélatine, et j'introduisis quelques fragments de muscle dans une dissolution aqueuse de colle de poisson, peu d'instants avant le moment où cette dissolution allait se prendre en gelée. Le lendemain, la gelée ne présentait aucune trace de coloration, pas même très-près de son point de contact avec le muscle, d'où je conclus qu'il n'en était point encore sorti d'albumine. Le second jour, il n'y avait pas encore de coloration bien distincte, mais

à dater de ce moment, la gelée prit peu à peu une couleur légèrement rouge; et au bout de six à sept jours chaque fragment de muscle était entouré d'une zone rougeâtre, laquelle cependant ne pénétrait pas la colle dans toute son épaisseur. Le liquide obtenu, en faisant chauffer une petite portion de la gelée rouge, se trouva contenir de l'albumine, mais en quantité bien moins considérable que lorsque le muscle était placé dans de l'eau, au lieu de l'être dans de la gelée.

On peut, il me semble, conclure de ces expériences, que l'albumine de la viande ne se diffuse pas au travers d'une membrane animale, séchée dans le but de la conserver et mouillée au moment de l'expérience, ni au travers du papier-parchemin, et ne pénètre que très-faiblement l'eau et la gelée. Ces résultats sont, du reste, parfaitement d'accord avec ceux obtenus précédemment par Graham.

Après avoir étudié l'albumine du tissu musculaire sous le point de vue de sa propriété de diffusion, j'ai dû chercher à déterminer si le tissu musculaire lui-même était une masse colloïde ou poreuse. Dans ce but, je suis parvenu à transformer un fragment de muscle en un corps essentiellement colloïde, en le partageant en petits fragments que je triturai dans un mortier avec une dissolution liquide de colle de poisson. Ayant introduit le tout dans une éprouvette, la masse se prit bientôt en une gelée sur laquelle je versai une couche mince d'eau. Deux jours plus tard, je remarquai que l'eau avait pris une couleur rouge pâle, et je m'assurai qu'elle contenait une très-faible quantité d'albumine. Après cinq jours, cette quantité d'albumine s'est trouvée un peu augmentée, mais elle est toujours restée de beaucoup inférieure en

quantité à celle qui se serait trouvée dans de l'eau où l'on aurait plongé du tissu musculaire. Il résulte de cette expérience, que si l'on transforme du tissu musculaire en une masse bien certainement de nature colloïde, il perd en très-grande partie sa propriété d'abandonner à l'eau l'albumine qu'il renfermait : j'en conclus « que le tissu musculaire n'est pas un corps colloïde. »

Le tissu musculaire, avons-nous dit, est formé de faisceaux de fibres réunis les uns aux autres au moyen de tissu cellulaire. Un liquide, ayant à traverser ce tissu, peut donc être considéré comme devant passer au travers d'un nombre infini de membranes très-minces et d'espaces cellulaires. Nous avons déjà vu qu'une membrane ordinaire, comme celle de l'intestin, conservée à l'état sec, intercepte le passage de l'albumine, mais je me suis demandé si une membrane animale fraîche et très-fine serait douée de cette même propriété. Pour résoudre cette question, je soumis à l'expérience la membrane qui recouvre le foie du mouton et du bœuf[1]. Cette membrane est extrêmement fine, et en faisant macérer le foie dans de l'eau pendant quelques heures, il m'a été facile de l'enlever sans la déchirer. Je m'en suis servi comme diaphragme d'un dialyseur, en la faisant adhérer à un entonnoir en verre dans lequel je versai un extrait aqueux de muscle, et en plaçant ensuite la membrane en contact extérieurement avec de l'eau. Dix-huit heures après le commencement de l'expérience, en me servant

[1] Le foie a deux membranes, une qui lui est propre et le recouvre complétement ; et une autre, le péritoine, qui n'entoure sa surface qu'en partie. Je me suis servi indifféremment de ces deux membranes réunies ensemble ou séparées l'une de l'autre.

de la membrane du foie de mouton, l'eau extérieure s'est trouvée légèrement colorée en rouge, et je pus déterminer approximativement que le tiers environ de l'albumine contenu dans le dialyseur avait passé dans l'eau. D'autres expériences de même nature achevèrent de me démontrer d'une manière positive que l'albumine musculaire traverse sans difficulté une membrane animale fraîche très-mince ; et prenant en considération la structure du tissu musculaire, il me paraît qu'on peut en conclure qu'un phénomène analogue a lieu pour ce tissu. Cherchons maintenant à déterminer la cause qui donne à l'albumine la propriété de traverser les membranes en question.

Pour résoudre cette question, j'ai commencé par examiner avec soin l'état physique de la membrane qui recouvre le foie de mouton. Puis, après l'avoir disposé en façon de diaphragme d'un petit dialyseur, en le fixant aux rebords d'un tube à réactif dont le fond avait été brisé, j'ai versé de l'eau dans l'appareil. J'ai remarqué, au bout d'un certain temps, que la surface extérieure de la membrane était devenue humide; puis la totalité de cette surface se couvrait de très-petites gouttelettes d'eau, lesquelles en se réunissant graduellement les unes aux autres, finissaient par former de véritables gouttes. Dans une de ces expériences la hauteur de la colonne d'eau dans le dialyseur était de 25 millimètres, et le diamètre de la membrane de 24 millimètres. Vingt-deux minutes après avoir versé de l'eau dans le dialyseur, les premières traces d'humidité parurent sur la surface extérieure de la membrane; quatre heures plus tard la première goutte tomba; la chute de la seconde fut accidentellement accélérée; mais celle de la troisième suivit

la seconde après un intervalle d'une heure et trente-cinq minutes. — Nous devons conclure de cette expérience que la membrane en question est douée des propriétés d'un corps poreux, et par cela même livre passage aux liquides à la manière d'un filtre.

Il m'a paru qu'il pourrait y avoir quelque intérêt à déterminer la rapidité avec laquelle l'albumine musculaire passe au travers de la membrane du foie de mouton, disposée en façon de diaphragme de dialyseur. Je me suis servi dans ce but d'un tube à réactif d'une dimension ordinaire et dont j'avais brisé le fond. 5 centimètres cubes d'un extrait aqueux de muscle, contenant une quantité connue d'albumine, ont été introduits dans ce tube, dont le diaphragme a été mis en contact avec 5 centimètres cubes d'eau. Après un intervalle de dix-sept heures, je trouvai que 32 pour cent du liquide albumineux avait traversé la membrane, et la même proportion, savoir 32 pour cent de l'albumine contenue dans le tube, en était sortie. Ainsi donc, une partie de l'extrait de muscle renfermé dans le tube en était sortie, entraînant avec elle toute l'albumine qui se trouvait contenue dans cette portion du liquide; résultat qui tend à prouver que le passage de l'albumine s'était fait exclusivement au travers de très-petites ouvertures ou pores, et ne constituait pas un phénomène de diffusion liquide.

Afin d'ajouter à mes recherches sur le passage de l'albumine au travers du foie de mouton, j'entrepris l'expérience suivante qui m'a fourni un résultat inattendu et intéressant. Le tissu du foie contenant, comme on sait, une forte proportion d'albumine, l'idée me vint de transformer la glande elle-même en un dialyseur. Dans ce but, je fis plonger dans de l'eau distillée la glande recou-

verte de sa membrane; j'avais déjà préparé une section de ce même foie dont la surface, naturellement dépourvue de membrane, a été placée en contact avec un volume d'eau égal à celui dans lequel plongeait l'autre partie de la glande recouverte de sa membrane. Le lendemain, ayant sorti en même temps de l'eau les fragments de la glande, je pus constater que pour chaque 20 centimètres cubes d'eau, 0,0695 gramme d'albumine avait passé au travers de la membrane, tandis que pour le même volume d'eau, 0,118 gramme d'albumine s'était échappé du tissu dénudé. Mais comme la surface de la membrane immergée était égale à deux fois celle de la section du foie, il est permis de conclure, que pour des surfaces de même grandeur plongées dans deux volumes égaux d'eau, la quantité d'albumine qui aurait passé dans l'eau après avoir traversé la surface de la section, serait environ 4 fois plus grande que celle qui aurait passé dans l'eau au travers de la membrane. Remarquons encore que la quantité d'albumine qui, dans l'expérience ci-dessus avait passé au travers de la membrane du foie, était beaucoup plus faible que celle qui aurait traversé cette même membrane disposée à la façon du diaphragme d'un dialyseur, dans lequel on aurait versé un extrait aqueux de muscle. Relativement à la cause de ce dernier phénomène, si l'on admet, comme je pense l'avoir démontré, que la membrane en question est un corps poreux ne présentant aucune lacération ou solution de continuité, il me semble que le fait ne peut s'expliquer autrement qu'en admettant dans les pores, et au-dessous de la membrane, lorsque celle-ci recouvre le foie, l'existence d'une substance colloide qui la ferait adhérer fortement au tissu de la glande, comme si

elle y était fixée, pour ainsi dire, avec de la colle. Plusieurs circonstances me paraissent venir à l'appui de cette hypothèse ; ainsi, la membrane du foie, dans son état normal, adhère si fortement au tissu de la glande qu'il est difficile de l'enlever sans déchirer plus ou moins le parenchyme du foie. En outre, lorsqu'on place la membrane humide en contact avec du verre, elle adhère aussi fortement à la surface vitreuse que si elle avait été enduite de colle. De plus, après avoir fait tremper pendant quelques heures dans de l'eau un foie recouvert de sa membrane, on parvient à détacher facilement celle-ci, comme s'il s'était opéré une dissolution de la colle dont la membrane paraît être revêtue. Enfin, si cette membrane, après avoir été desséchée, est mouillée de nouveau, elle offre une plus grande résistance au passage de l'eau à travers son tissu, que lorsqu'on la soumet à l'expérience au moment où elle a été détachée du parenchyme hépatique.

Les considérations qui précédent nous autorisent, je pense, à envisager le mouvement d'une dissolution d'albumine au travers du tissu musculaire, comme un phénomène dû, sinon exclusivement, au moins en grande partie, à l'état poreux du muscle. Il restait encore à déterminer si l'albumine se distribuait à travers le système musculaire avec la même facilité que l'une des substances cristalloïdes contenues dans le jus de viande, l'acide phosphorique, par exemple. Pour y arriver, je commençai par chercher à établir la relation qui existait entre la quantité d'albumine et d'acide phosphorique contenus dans un extrait aqueux de 200 grammes de muscle de bœuf dans 25 cent. cubes d'eau distillée, l'acide phosphorique étant précipité au moyen de l'acétate de peroxyde

d'uranium. Je plongeai ensuite 200 grammes du même muscle dans 125 cent. cubes d'eau distillée, et après que 26 heures se fussent écoulées, je déterminai expérimentalement le rapport entre les quantités d'albumine et d'acide phosphorique contenues dans l'eau. S'il devait résulter de cette expérience que le rapport entre l'acide phosphorique (substance cristalloïde) et l'albumine (substance colloïde), contenues dans l'extrait, était le même que le rapport entre l'acide phosphorique et l'albumine contenus dans l'eau où la viande avait séjourné, on devrait naturellement en conclure que le mouvement de l'albumine dans le tissu est aussi rapide que pourrait l'être celui d'un corps cristalloïde; mais si, au contraire, ces rapports se trouvaient différer l'un de l'autre, — si, par exemple, la quantité d'albumine, par rapport à l'acide phosphorique, se trouvait moins forte dans l'eau où la viande avait séjourné que dans l'extrait, on en conclurait qu'un muscle agit jusqu'à un certain point à la façon d'un corps colloïde, c'est-à-dire, présente un obstacle plus ou moins fort au passage d'une dissolution albumineuse au travers de sa substance.

Voici maintenant le résultat de mon expérience :

Dans 100 grammes d'extrait.

Acide phosphorique...	0,233	Rapport 1 à 12,5.
Albumine..........	2,925	

Dans 100 grammes de liquide où la viande avait séjourné 26 heures.

Acide phosphorique...	0,169	Rapport 1 à 6,3.
Albumine...........	1,067	

Ce résultat nous montre qu'à la température ordinaire

de l'atmosphère, la rapidité du mouvement de l'albumine au travers du tissu musculaire est égale à environ la moitié de la rapidité du mouvement de l'acide phosphorique au travers de ce même tissu. Par conséquent, la dissolution albumineuse éprouve évidemment, par suite de sa propriété colloïde, une difficulté à traverser le tissu en question que n'éprouve pas l'acide phosphorique, à cause de sa propriété cristalloïde. On voit donc qu'un muscle, indépendamment de son état poreux, participe, quoique faiblement, aux propriétés des corps colloïdes.

Les résultats obtenus dans ce travail me paraissent présenter quelque intérêt, comme servant à indiquer par quelle voie l'albumine du sang, après sa sortie des vaisseaux capillaires, se distribue rapidement dans toutes les parties du tissu musculaire, pour en effectuer la nutrition.

BULLETIN SCIENTIFIQUE.

PHYSIQUE.

J. **Tyndall.** Sur les rayons invisibles de la lumière électrique (*Royal Institution*, séance du 20 février 1865). Sur la calorescence (*Philosophical Magazine*. Février 1865).

Nous avons inséré dans le dernier numéro des *Archives*[1] la traduction d'un mémoire de M. Tyndall sur les radiations obscures et lumineuses. L'auteur a récemment exposé ce sujet dans une séance de l'Institution royale, où il a reproduit ses principales expériences et en particulier celles où tous les rayons lumineux sont arrêtés par une dissolution d'iode dans le sulfure de carbone, tandis que les rayons obscurs viennent se concentrer en un foyer où ils produisent des phénomènes calorifiques intenses, tels que la combustion de certains corps. Il a fait connaître à cette occasion quelques faits nouveaux et intéressants. Nous traduisons un extrait de la partie de la séance dans laquelle il les a développés :

« Ces effets sont dus, en partie, à l'action chimique. Les substances placées au foyer sombre sont des substances oxydables qui, lorsqu'elles sont suffisamment échauffées, se combinent avec l'oxygène de l'atmosphère par combustion ordinaire. Mais on peut éviter cette action. On peut élever jusqu'à l'incandescence la température d'une mince lame de charbon, placée dans le vide, au foyer des rayons invisibles. L'action chimique est ici entièrement éliminée. Une plaque mince d'argent ou de cuivre, dont la surface est légèrement ternie par le sulfure du métal, de

[1] Voyez page 41.

façon à diminuer le pouvoir réflecteur, est portée à l'incandescence, soit dans le vide, soit dans l'air. Avec une pile d'une puissance suffisante et une concentration convenable, on peut chauffer une plaque de platine platinisée, au rouge blanc au foyer des rayons invisibles ; et lorsqu'on regarde le platine incandescent à travers un prisme, sa lumière donne un spectre complet et parfait. Dans tous ces cas, ce que l'on obtient d'abord, c'est une image parfaitement invisible des pointes de charbon formée par le miroir ; et aucune expérience ne rend plus sensible que celle-ci l'identité de la lumière et de la chaleur. Lorsque la plaque de métal ou de charbon est disposée au foyer, les places qu'occupe l'image invisible s'élèvent à l'incandescence, et se manifestent visiblement sur la plaque. En écartant les pointes de charbon, ou en les rapprochant, leur image incandescente suit leur mouvement. En coupant la plaque de carbone en suivant les limites de l'image, nous pouvons obtenir une seconde paire de pointes de charbon, de la même forme que les premières, mais tournées dans une position inverse; et ainsi, à l'aide des rayons incapables d'exciter la vision et émanant d'une paire de pointes de charbon, nous pouvons obliger une seconde paire à émettre tous les rayons du spectre.

« On sait que la radiation ultra-rouge de la lampe électrique consiste en ondulations éthérées de plus grande longueur, et de périodes plus lentes que celles qui excitent la vision. Par conséquent, lorsque ces longues vagues atteignent une plaque de platine et l'élèvent à l'incandescence, leur période de vibration est changée. Les ondes émises par le platine sont plus courtes et plus rapides que celles qui tombent sur lui, la réfrangibilité est par conséquent devenue plus grande et les rayons invisibles sont rendus visibles. Il y a treize ans, le professeur Stokes publia sa belle découverte qu'au moyen du sulfate de quinine, ou de diverses autres substances, les rayons ultra-violets du spectre pouvaient être rendus visibles. Ces rayons invisibles de haute réfrangibilité atteignant un milieu convenable, obligent les molécules

de ce milieu à osciller en périodes plus courtes que celles des ondes incidentes. Dans ce cas, par conséquent, les rayons invisibles sont rendus visibles par l'abaissement de leur réfrangibilité; tandis que dans les expériences du professeur Tyndall, les rayons ultra-rouges sont rendus visibles par l'élévation de leur réfrangibilité. On a appliqué le terme de *fluorescence* au phénomène découvert par le professeur Stokes. M. le professeur Tyndall propose de désigner sous le nom de *calorescence* le phénomène qui fait l'objet de ses communications.

« Ce fut la découverte faite il y a plus de trois ans, d'une substance opaque à la lumière, et presque parfaitement transparente à la chaleur rayonnante — c'est-à-dire arrêtant le spectre visible de la lumière électrique à l'extrémité du rouge, et laissant passer la radiation ultra-rouge presque complétement —, qui a conduit le professeur Tyndall aux résultats précédents. Ce fut seulement l'étude de sujets d'un intérêt plus immédiat qui mpêcha M. Tyndall de les découvrir plus tôt. Sur ce point cependant le professeur Tyndall ne peut fonder aucun droit de priorité, et l'idée de rendre les rayons ultra-rouges visibles ne lui appartient pas de droit, quoiqu'il y soit arrivé d'une manière tout à fait indépendante. Le droit à une idée ou une découverte scientifique est assuré par l'acte de publication, et en vertu d'un tel acte, la priorité de conception pour ce qui concerne la conversion des rayons de chaleur en rayons lumineux, appartient incontestablement au Dr Akins. Dans la réunion de l'Association britannique à Newcastle en 1863, il propósa trois expériences par lesquelles il comptait résoudre cette qnestion. Il s'associa plus tard avec un savant distingué, M. Griffith, d'Oxford, avec lequel il poursuivit ses recherches. Deux des expériences proposées à Newcastle par le Dr Akins sont tout à fait impraticables. Dans la troisième il se proposait de concentrer les rayons du soleil au moyen d'un grand miroir ardent, en interceptant la portion lumineuse de la radiation par des « absorbants convenables », afin d'opérer ensuite avec les rayons obscurs. Le Dr Akins a employé dans ses ex

périences un miroir de trente-six pouces de diamètre, mais il a jusqu'ici échoué dans la réalisation de son idée. C'est avec un miroir de quatre pouces de diamètre, avec une source rayonnante avec laquelle ses recherches l'avaient rendu familier, et avec une substance susceptible de filtrer les rayons de la lampe électrique, comme il l'avait découvert, que le professeur Tyndall a obtenu tous les résultats rapportés plus haut. ».

F. Lindig. Untersuchungen ueber die Abænderungen, etc... Sur la variation des forces électromotrices avec la température. (*Pogg. Ann.*, 1864, n° IX, p. 1.)

Les recherches antérieures sur le sujet ont donné des résultats négatifs. En particulier, M. Poggendorff en opposant deux éléments, cuivre et zinc, dans acide sulfurique, dont l'un était chauffé, n'avait pas obtenu de courant.

Dans une premièe série d'expérience, M. Lindig compare les forces électromotrices de deux éléments Daniell en employant la méthode de M. Bosscha modifiée par M. Poggendorff pour la mesure des forces électromotrices. Cette méthode permet d'éliminer les résistances des éléments qui peuvent ainsi varier sans que les valeurs que l'on trouve cessent d'être exactes. L'un des éléments est chauffé et l'autre maintenu à la température ambiante ; des thermomètres plongeant dans les liquides, donnent les températures. La force électromotrice augmente un peu lorsque la température de l'élément s'élève.

L'élément Daniell est complexe et sa force électromotrice peut être représentée, comme on la sait, par :

$$Zn.Cu + Zn.SO^3 - Cu.CuO\,SO^3.$$

L'action de la chaleur peut n'être pas la même sur les différents termes de cette expression.

En premier lieu, l'auteur a étudié la variation de la force électromotrice du cuivre dans le sulfate de cuivre. Pour cela,

deux vases remplis de sulfate de cuivre communiquent par un tube à syphon également plein du même liquide. Une tige de cuivre plonge dans chaque vase et chacune est mise en communication avec l'extrémité d'un galvanomètre. On chauffe l'un des éléments qui sont, comme on le voit, en opposition, et la résistance du circuit étant très-grande, l'intensité du courant est proportionnelle à la différence des forces électromotrices. La polarisation qui doit se produire sur l'élément passif est une cause de diminution de l'intensité. On trouve que la force électromotrice diminue lorsque la température s'élève.

En second lieu, on a remplacé le cuivre plongeant dans du sulfate de cuivre, par du zinc dans de l'acide sulfurique étendu. L'élévation de température produit dans ce cas une dissolution rapide et une variation de force électromotrice très-faible. Si on emploie du sulfate de zinc au lieu d'acide, les résultats deviennent très-réguliers. La force électromotrice, comme pour le cuivre, diminue lorsque la température s'élève. Le chlorure de zinc donne un résultat identique ; seulement la diminution de la force électromotrice a lieu moins rapidement que pour le sulfate lorsque la température s'élève.

M. Lindig a ensuite disposé un élément Daniell dans lequel on pouvait chauffer séparément la dissolution de cuivre et celle de zinc. Pour cela, deux tubes recourbés chacun à angle droit communiquaient par leur deux bras horizontaux séparés par une baudruche. L'un des tubes est rempli de la dissolution de cuivre, et on y plonge une tige de cuivre ; l'autre tube est rempli de la dissolution de zinc, et on y plonge une tige de zinc. Les parties verticales des tubes sont entourées d'un manchon dans lequel on met ou de la glace ou de l'eau chaude. La résistance du circuit est rendue considérable, et la force électromotrice du couple est proportionnelle à l'intensité du courant. En chauffant le zinc, lorsque le liquide est de l'acide sulfurique, il n'y a pas de variation notable ; si c'est du sulfate, la force électromotrice diminue passablement, environ de 6 °/₀ pour 80°. En chauffant

le cuivre, la force électromtotrice augmente environ de 8°/₀ pour 80°.

Les observations électrométriques faites sur le même élément Daniell ont donné des résultats concordant avec ceux des mesures galvanométriques.

Les conclusions de l'auteur sont les suivantes :

1° Les forces électromotrices sont variables avec la température pour certains éléments (le cuivre dans le sulfate de cuivre, le zinc dans le sulfate de zinc, le zinc non-amalgamé dans le chlorure de sodium), et non variables pour d'autres (le zinc dans l'acide sulfurique).

2° Le sens de la variation n'est pas toujours le même; pour le cuivre la force électromotrice diminue lorsque la température s'élève ; pour le zinc non-amalgamé dans le chlorure de sodium, elle augmente.

3° La variation de la force électromotrice n'est pas toujours proportionnelle à la variation de la température entre 2 et 85°

4° Conformément à ce qui résulte des numéros 1 et 2, la force électromotrice de l'élément Daniell est variable lorsque le zinc plonge dans de l'acide sulfurique étendu ou dans une dissolution de sel marin.

R. Clausius. Abhandlungen... Mémoires sur la théorie mécanique de la chaleur. Brunswick, 1864.

Les *Archives* ont analysé à mesure de leur publication les travaux de M. le professeur Clausius sur la théorie mécanique de la chaleur. Cette théorie préoccupe de plus en plus les géomètres, les physiciens et les ingénieurs. Elle a été exposée récemment sous une forme expérimentale et populaire par M. Verdet dans deux séances de la Société chimique de Paris[1], M. Tyndall, dans une série de leçons faites à l'Institution royale de Londres; le texte de ces dernières conférences, publié sous le titre *Heat as a mode of motion*, n'a pas tardé à être traduit en français par M. l'abbé Moi-

[1] *Leçons de chimie et de physique professées en* 1862. In-8°. Paris, 1863.

gno. L'ouvrage que MM. Hirn et Zeuner ont consacré à ce même sujet a servi de point de départ à diverses discussions dans les journaux scientifiques de l'Angleterre, de la France et de l'Allemagne.

C'est au milieu de ces circonstances favorables que M. Clausius s'est décidé à reproduire littéralement, dans le volume que nous annonçons, celles de ses propres recherches qui se rapportent à l'établissement de la théorie, et à son application soit aux propriétés caloriques des corps, soit aux machines à vapeur. Quant à ses mémoires relatifs à l'extension de cette théorie à l'électricité et aux mouvements moléculaires, l'auteur se propose de les réunir en un volume qui formera également le deuxième partie de la présente publication.

Après une introduction sur l'intégration d'équations différentielles auxquelles on est conduit dans le sujet qu'il expose et qui ne sont pas intégrables dans le sens ordinaire, l'auteur traite successivement de la force motrice de la chaleur et des deux lois fondamentales de la théorie mécanique : 1° *Dans tous les cas où la chaleur produit un travail, il y a destruction d'une quantité de chaleur proportionnelle au travail*; *et réciproquement la destruction d'une quantité de travail produit une quantité de chaleur proportionnelle.* — 2° *La chaleur ne peut se transporter d'un corps plus froid dans un plus chaud sans déterminer simultanément une modification dépendante de ce transport*, ou *une compensation* (pour adopter une dénomination plus simple). Après trois appendices mathématiques, on trouve une intéressante notice relative à l'influence de la pression sur la congélation des liquides, et à la différence entre l'abaissement du point de fusion produit par un changement de pression et celui qui peut exister sans ce changement.

Dans le second mémoire, il étudie les propriétés de la vapeur quand elle se dilate dans diverses circonstances. Un appendice est consacré aux différences de pression dans un courant de gaz qui s'épanouit.

Le troisième mémoire examine la dépendance théorique de

deux lois empiriques sur la détente et la chaleur latente de diverses vapeur.

Le quatrième traite d'une modification dans la forme de la seconde loi fondamentale de la théorie mécanique de la chaleur.

Le cinquième est consacré à l'application de cette théorie aux machines à vapeur.

Le sixième montre l'emploi de la loi d'équivalence de transformation sur le travail intérieur. Il est suivi d'un appendice tout nouveau sur quelques dénominations à adopter (nommer *œuvre*, *Werk*, le travail mesuré par la quantité de chaleur; distinguer l'œuvre intérieure et extérieure, dire chaleur d'œuvre au lieu de chaleur latente, admettre le mot *Ergon* dans toutes les langues pour désigner cette *œuvre*) — et d'un autre complément relatif à la chaleur spécifique des gaz sous volume constant.

Le septième mémoire, communiqué en 1863 à la Société helvétique des sciences naturelles assemblée à Samaden, traite de la deuxième loi de la théorie.

Enfin le huitième s'occupe de la concentraion des rayonnements calorifiques et lumineux, et des limites de leur action eu égard à la nécessité de la *compensation*.

A cet exposé incomplet d'un livre que sa nature mathématique ne permet guère d'analyser, mais dont il sera question dans un travail que nous insérerons prochainement dans ce recueil, les physiciens reconnaîtront l'étendue du sujet traité par M. Clausius d'une manière si magistrale; ils le remercieront d'avoir réuni et coordonné les matériaux qu'il avait disséminés dans les journaux de Poggendorff et de Dingler. E. W.

CHIMIE.

Prof. Graham. Sur les propriétés de l'acide silicique et d'autres substances colloides analogues (*Philosophical Magazine*, octobre 1864).

Les notions généralement admises sur la solubilité résultent

principalement d'observations faites sur les sels cristallisables, et ne s'appliquent que très-imparfaitement à la classe des substances colloïdes. L'acide silicique hydraté, par exemple, à l'état soluble est, à proprement parler, un corps liquide, et capable, comme l'alcool, de se mêler à l'eau dans toutes les proportions. On ne peut parler du degré de solubilité de l'acide silicique, comme on parle lorsqu'il s'agit de la solubilité d'un sel, à moins qu'il ne s'agisse d'acide silicique à l'état gélatineux qu'on regarde en général comme dépourvu de solubilité. L'acide silicique en gelée, lorsqu'on vient de le préparer, peut être plus ou moins riche en eau de combinaison, et paraît être plus ou moins soluble suivant le degré de son hydratation. C'est ainsi qu'une gelée renfermant 1 pour cent d'acide silicique, donne avec 5000 parties d'eau froide une solution contenant environ 1 pour cent d'acide silicique, tandis qu'une gelée, renfermant 5 pour cent d'acide silicique, fournit une solution contenant environ 1 partie d'acide sur 10,000 parties d'eau. Une gelée moins hydratée que cette dernière devient encore moins soluble ; enfin, lorsque la gelée est rendue anhydre, elle se présente sous la forme de masses gommeuses blanchâtres qui paraissent être complétement insolubles.

La liquéfaction de l'acide silicique ne peut être effectuée que par une modification qui est permanente (savoir, la coagulation ou *pectisation*), en vertu de laquelle l'acide prend la forme gélatineuse ou pecteuse, et perd sa propriété de se mélanger avec l'eau. La liquidité est d'autant plus permanente que l'acide silicique est moins concentré, et paraît être favorisée par une basse température. Un acide silicique liquide, dans la proportion de 10 à 12 pour cent, se coagule spontanément au bout de quelques heures à la température ordinaire, et à l'instant même si on le chauffe. L'acide silicique liquide à 5 pour cent peut être conservé tel pendant plusieurs jours, un liquide de 2 pour cent pendant deux ou trois mois ; enfin, un liquide ne contenant que 1 pour cent d'acide silicique ne s'est pas coagulé au bout de deux ans. Des solutions très-étendues, de 0,1 pour cent, par exemple, seraient sans doute

inaltérables au bout d'un temps quelconque, et c'est ainsi que l'on comprend la possibilité de l'existence d'acide silicique soluble dans la nature. L'auteur ajoute, cependant, que jamais une solution d'acide silicique dans l'eau, quel que fût d'ailleurs le degré de sa concentration, n'a montré une disposition à déposer des cristaux; elle se présente, au contraire, constamment, lors de la dessication, sous la forme d'un hyalite vitreux de nature colloïde. La formation si fréquente dans la nature de cristaux de quartz reste donc inexpliquée; l'auteur suppose qu'elle ne peut avoir lieu qu'excessivement lentement et dans des solutions d'acide extrêmement étendues. La dilution, en effet, doit tendre à affaiblir le caractère colloïde, et permettre ainsi le dévoleppement d'une tendance cristalline, surtout lorsque le cristal à former est complétement insoluble, ainsi que cela a lieu pour le quartz.

La pectisation de l'acide silicique liquide est accélérée par le contact d'une matière solide sous la forme pulvérulente. C'est ainsi que par le contact du graphite pulvérisé, matière d'ailleurs inerte sous le rapport chimique, une solution de 5 pour cent d'acide silicique devient pecteuse au bout d'une heure ou deux, et une solution de 2 pour cent au bout de deux jours. Dans le premier cas, on a remarqué une élévation de température de 1°,1 C. pendant la formation de la gelée. La pectisation définitive de l'acide silicique est précédée d'un épaississement graduel du liquide. L'écoulement du liquide colloïde à travers un tube capillaire est toujours très-lent, lorsqu'on le compare à celui de solutions cristalloïdes, de sorte qu'un tube à transpiration liquide peut être employé comme « colloïdoscope. » Avec un liquide colloïde de viscosité variable, tel que de l'acide silicique, on remarque d'un jour à l'autre une augmentation dans la résistance à son passage à travers le colloïdoscope. L'acide, au moment où il va se prendre en gelée, coule comme de l'huile.

Une propriété dominante chez les corps colloïdes consiste dans la tendance de leurs particules à adhérer, à s'aggréger les unes aux autres et à se contracter. C'est cette espèce particulière d'at-

traction qui produit dans les liquides un épaississement graduel et finit par conduire à la pectisation. Dans la gelée même, cette contraction particulière, ou *synœrèse*, comme l'appelle l'auteur, continue son œuvre, produisant la séparation de l'eau, avec division en caillot et serum, et finit par ne laisser qu'une masse dure et pierreuse, d'une structure vitreuse, qui peut devenir anhydre ou à peu près, lorsqu'on permet à l'eau de s'évaporer. La synœrèse intense de la colle de poisson, desséchée sous le vide de la machine dans une capsule de verre, et en présence de l'acide sulfurique, va jusqu'à donner à la gélatine le pouvoir d'enlever la surface du verre par l'effet de sa contraction. Le verre lui-même est un colloïde, et l'adhésion des colloïdes entre eux paraît plus puissante que celle d'un colloïde pour un cristalloïde. La gélatine, séchée comme ci-dessus, sur des plaques de spath calcaire ou de mica, n'adhère pas à la surface cristalline, mais se détache par suite de la dessiccation. L'adhésion entre eux de fragments d'acide phosphorique glacial présente un exemple bien connu de synœrèse colloïdale.

Si l'on se rappelle que la phase colloïdale sous laquelle se présente la matière est le résultat d'une attraction ou aggrégation particulière des molécules, propriété qui existe toujours, quoique plus développée chez certaines substances que chez d'autres, l'on ne sera plus surpris que les caractères colloïdaux s'étendent également à l'état liquide et à l'état solide. C'est, en effet, de ces caractères que dépend la viscosité des liquides, ainsi que la mollesse et les propriétés adhésives de certaines substances cristallines. Le métaphosphate de soude, liquéfié par la chaleur, est un véritable verre ou colloïde, mais si l'on maintient ce verre pendant plusieurs minutes à quelques degrés au-dessous de sa température de fusion, il prendra une apparence cristalline sans rien perdre de sa transparence. Malgré ce changement, le sel conserve son caractère d'imparfaite diffusibilité, ainsi que les autres caractères colloïdes. De l'eau, sous la forme de glace, a déjà été représentée comme une forme intermédiaire de même nature,

participant à la fois aux caractères colloïdes et cristalloïdes, et capable, en sa qualité de colloïde, d'adhésion ou de « recongélation. »

Il est superflu de rappeler ici le fait de la prompte pectisation de l'acide silicique liquide par l'effet des sels alcalins les moins solubles, tels que le carbonate de chaux, si ce n'est pour faire remarquer que la présence du carbonate de chaux dans l'eau paraît être incompatible avec la coexistence d'acide silicique soluble, jusqu'à ce que la proportion de ce dernier soit réduite à 1 partie sur 10,000 parties d'eau.

Certains liquides diffèrent des sels en ce qu'ils n'exercent pas d'effet pecteux sensible sur l'acide silicique liquide. Mais, d'autre part, aucun de ces mêmes liquides ne paraît contribuer à maintenir la liquidité du colloïde plus que ne le ferait l'addition de l'eau. Parmi ces diluents inactifs de l'acide silicique, on remarque les acides hydrochlorique, nitrique, acétique et tartarique, le sirop de sucre, la glycérine et l'alcool. Cependant tous ces liquides, de même que plusieurs autres, paraissent jouer à l'égard de l'acide silicique un rôle bien différent de celui qui résulte de l'action pecteuse des sels. En effet, ils ont la propriété de déplacer l'eau de combinaison de l'acide silicique hydraté en lui substituant de nouveaux produits, et cela, que l'hydrate soit à l'état liquide ou à l'état gélatineux.

On obtient un composé liquide d'alcool et d'acide silicique en ajoutant de l'alcool à de l'acide silicique aqueux ; on se débarrasse, ensuite de l'eau en plaçant le mélange dans le vide, en présence de carbonate de potasse ou de la chaux-vive. On arrive au même résultat en le plaçant dans un sac dialyseur en parchemin qu'on suspend dans de l'alcool ; l'eau se diffuse, ne laissant dans le sac qu'un liquide composé d'alcool et d'acide silicique. Il faut cependant veiller à ce que l'acide silicique ne constitue pas plus de 1 pour cent de la solution alcoolique; autrement il pourrait se prendre en gelée pendant l'expérience. L'auteur propose de distinguer les hydrates liquides et gélatineux de l'acide silicique

par les dénominations d'*hydrosol* et d'*hydrogel* de l'acide silicique, et les deux produits correspondants provenant de l'action de l'alcool par celles de *alcosol* et *alcogel* de ce même acide.

L'*alcosol* de l'acide silicique, contenant 1 pour cent de cette dernière substance, est un liquide incolore qui n'est pas précipité par l'eau ou par les sels, ni par le contact de poudres insolubles, probablement à cause de la faible proportion d'acide silicique. Il peut être bouilli ou évaporé sans changement, mais se coagule à la suite d'une légère concentration. L'alcool est moins fortement retenu dans l'alcool de l'acide silicique que ne l'est l'eau dans l'hydrosol, mais aussi avec une force sujette aux mêmes variations; une petite portion de l'alcool étant retenue assez fortement pour se charbonner lorsqu'on distille rapidement et à une température élevée la gelée qui en résulte. On ne trouve dans aucun composé de cette classe la plus petite trace d'éther silicique. La gelée en question brûle facilement à l'air, en laissant la totalité de l'acide silicique sous la forme d'une cendre blanche.

L'*alcogel*, ou composé solide, se prépare commodément en introduisant dans de l'alcool absolu des fragments d'acide silicique gélatineux contenant de 8 à 10 pour cent de l'acide sec, et en renouvelant à plusieurs reprises l'alcool jusqu'à ce que l'eau de l'hydrogel soit complétement remplacée par celui-ci. L'alcogel est le plus souvent légèrement opale ; il présente la même apparence que l'hydrogel, et conserve à peu de chose près son volume primitif. L'auteur assigne la composition suivante à un alcogel préparé avec soin d'un hydrogel renfermant 9,35 pour cent d'acide silicique.

Alcool.............	88,13
Eau...............	0,23
Acide silicique.......	11,64
	100,00

L'alcogel, introduit dans de l'eau, se décompose graduellement, l'alcool se diffusant et étant remplacé par de l'eau, de façon à

reproduire un hydrogel. De plus, l'alcogel peut être regardé comme le point de départ de la formation d'une grande variété d'autres gelées d'une constitution analogue, à la seule condition que le nouveau liquide soit capable de se mêler à l'alcool, ou en d'autres termes, que ce soient des corps diffusibles l'un par rapport à l'autre. L'auteur a produit ainsi des composés d'éther, de benzoïne et de bisulfure de carbone. De même l'*éthérogel* peut donner naissance à une autre série de gelées de l'acide silicique, renfermant des liquides solubles dans l'éther, tels que les huiles fixes.

La préparation du composé d'acide silicique et de glycérine est facilitée par suite de la fixité comparative de ce liquide. Lorsqu'on plonge de l'acide silicique hydraté dans de la glycérine et qu'on porte le liquide à l'ébullition, l'eau se distille sans que la gelée change d'aspect, sauf que d'opale qu'elle était elle devient incolore, et cesse d'être visible lorsqu'elle est recouverte par le liquide. Mais une portion de l'acide silicique est dissoute, et il se produit un *glycerosol* en même temps que la gelée de glycérine. L'analyse par la combustion a démontré qu'un glycérogel, extrait d'un hydrate contenant 9,35 pour cent d'acide silicique, était composé de :

Glycérine...........	87,44
Eau................	3,78
Acide silicique.......	8,95
	100,17

Le volume du glycérogel est un peu inférieur à celui de l'hydrogel primitif. Lorsque de la glycérine en gelée est distillée à une température élevée, elle ne se fond pas, mais la totalité de la glycérine passe dans la distillation, avec quelques traces de décomposition vers la fin de l'opération.

Le composé d'acide sulfurique dit *sulphogel*, présente aussi de l'intérêt à cause de la facilité avec laquelle il se forme, et la disparition complète de l'eau de l'hydrogel primitif. Un fragment

d'acide silicique hydraté peut être conservé entier, si on commence par l'introduire dans de l'acide sulfurique étendu de deux ou trois fois son volume d'eau, et qu'on le transporte ensuite dans de l'acide plus fort, et enfin dans de l'acide concentré. Le sulphogel tombe au fond de l'acide concentré, et peut être distillé pendant plusieurs heures avec un excès de ce dernier liquide, sans rien perdre de sa transparence ou de son caractère gélatineux. Son volume est toujours un peu inférieur à celui de l'hydrogel primitif, mais seulement de $^1/_5$ à $^1/_6$ environ. Il est transparent et incolore. Lorsqu'on chauffe fortement un sulphogel dans un vase ouvert, les dernières portions de l'acide sulfurique monohydraté, en combinaison avec lui, exigent pour leur expulsion une température plus élevée que le point d'ébullition de l'acide. La totalité de l'acide silicique reste en arrière sous la forme d'une masse opaque et poreuse ressemblant à de la pierre ponce. Si l'on introduit un sulphogel dans de l'eau, il se décompose rapidement, et l'hydrogel primitif est reproduit. Il ne se forme dans aucun cas un composé de nature saline provenant des acides sulfuriques et siliciques. Un sulphogel introduit dans l'alcool finit par produire un alcogel pur. Des gelées analogues d'acide silicique peuvent être formées sans difficulté avec les monohydrates des acides nitriques, acétique et formique, et sont toutes parfaitement transparentes.

La formation des composés d'acide silicique qu'on vient de décrire, indique dans l'affinité chimique d'un colloïde une portée plus grande qu'on n'aurait pu s'y attendre. Les colloïdes organiques présentent sans doute des affinités tout aussi étendues, et sous ce rapport, intéressent plus spécialement le physiologiste. La propriété que possède une masse d'acide silicique gélatineux, de s'approprier de l'alcool, ou même de l'oléine à la place de l'eau de combinaison sans désagrégation ou altération de forme, pourra peut-être servir à jeter quelque jour sur la pénétration, par des corps gras et autres corps insolubles, de la matière albumineuse des membranes, qui a lieu pendant la diges-

tion des aliments. Les composés liquides de l'acide silicique sont encore plus remarquables sous ce rapport; c'est ainsi que le composé alcoolique liquide semble indiquer la possibilité de l'existence d'un composé de l'albumine colloïde avec l'oléine, soluble comme lui et capable de circuler avec le sang.

Le peu de force dans l'affinité qui réunit deux substances appartenant à des classes physiques différentes, telles qu'un colloïde et un cristalloïde, mérite aussi l'attention des physiciens. Lorsqu'un composé de cette nature est introduit dans un liquide, il se peut que la propriété diffusive plus grande du cristalloïde amène sa séparation d'avec le colloïde. C'est ainsi que l'eau qui entre dans la composition de l'acide silicique (qui est cristalloïde), abandonne l'acide (qui est colloïde) pour se diffuser dans l'alcool, et si on change cet alcool à plusieurs reprises, la totalité de l'eau disparaîtra, et l'alcool, autre cristalloïde, se mettra en lieu et place de l'eau combinée avec l'acide silicique. Le liquide en excès (dans ce cas l'alcool) s'emparera de la totalité de l'acide silicique. Le procédé est renversé si on introduit un alcogel dans un volume considérable d'eau. Dans ce cas, l'alcool se sépare de la combinaison par suite de l'occasion qui lui est offerte de se diffuser dans l'eau, et l'eau, qui se trouve alors être le liquide en excès, reprend possession de l'acide silicique. De pareils changements rendent sensible l'influence prédominante de la masse.

Il n'y a pas jusqu'aux composés d'acide silicique et des alcalis qui ne cèdent à la force décomposante de la diffusion. La combinaison d'acide silicique avec 1 ou 2 pour cent de soude est une solution colloïdale, qui se décompose graduellement lorsqu'on la place dans un dialyseur au-dessus de l'eau dans le vide, de manière à exclure l'acide carbonique. La soude se diffuse lentement à l'état caustique, et fournit l'oxyde brun ordinaire d'argent, lorsqu'on la traite avec le nitrate de ce métal.

Le simple contact de quantités minimes de certains sels suffit pour produire la pectisation de l'acide silicique liquide, ainsi

que celle de plusieurs autres colloïdes liquides, par l'effet d'un procédé inexpliqué jusqu'ici. D'autre part, l'acide gélatineux peut être liquifié de nouveau, et son énergie peut lui être rendue par le contact d'une petite quantité d'alcali. Ce dernier changement est graduel, 1 partie de soude caustique dissoute dans 10,000 parties d'eau pouvant liquéfier dans 60 minutes et à une température de 100°, 200 parties d'acide silicique supposé à l'état sec. Une faible quantité d'alcali suffit aussi pour dissoudre l'acide stannique gélatineux, même à la température ordinaire de l'atmosphère. L'alcali lui-même, après avoir liquéfié le colloïde gélatineux, peut en être de nouveau séparé par la diffusion dans l'eau au moyen du dialyseur. Dans ces circonstances, la solution de ces colloïdes peut être regardée comme analogue à la liquéfaction des colloïdes organiques insolubles qui a lieu dans le procédé de la digestion, avec cette différence, cependant, que le liquide dissolvant est alcalin au lieu d'être acide. L'acide silicique liquide peut être regardé comme le *peptone* de l'acide silicique gélatineux, et la liquéfaction de cette dernière substance par une très-petite quantité d'alcali peut être envisagée comme la *peptisation* de la gelée. Les gelées pures d'alumine, de peroxyde de fer et d'acide titanique, préparées par la dialyse, se rapprochent davantage de l'alumine, étant *peptisées* par de très-faibles quantités d'acide hydrochlorique.

Des acides stannique et métastannique liquides. — On prépare l'acide stannique liquide en dialysant le perchlorure d'étain après y avoir ajouté un alcali; ou encore, en dialysant le stannate de soude avec l'addition de l'acide hydrochlorique. Dans l'un et l'autre cas, il se forme d'abord une gelée sur le dialyseur, mais à mesure que les sels se diffusent, la gelée est de nouveau peptisée par la petite quantité d'alcali libre qui reste, et dont on peut se débarrasser en continuant la diffusion. L'opération est facilitée par l'addition d'une goutte ou deux de teinture d'iode. L'acide stannique liquide se convertit par l'action de la chaleur en acide métastannique liquide. L'un et l'autre de ces acides sont remarqua-

bles par la facilité avec laquelle ils se prennent en gelée, lorsqu'on y ajoute soit des sels, soit une très-petite quantité d'acide hydrochlorique.

On prépare l'acide *titanique liquide* en dissolvant à froid de l'acide titanique gélatineux dans une faible quantité d'acide hydrochlorique, et en plaçant le liquide pendant quelques jours sur un dialyseur. Le liquide ne doit pas renfermer plus de 1 pour cent d'acide titanique ; sans cela il se prend de lui-même en gelée, mais il paraît plus stable lorsqu'il est plus étendu d'eau. L'acide titanique, de même que les deux acides stanniques, fournissent avec l'alcool, etc., les mêmes classes de composés que ceux qu'on obtient avec l'acide silicique.

De l'acide tungstique liquide. — L'auteur a pu, au moyen de la dialyse, dissiper l'incertitude qui a si longtemps régné au sujet de l'acide tungstique. Cet acide est un colloïde d'une nature singulière et qui n'a été connu jusqu'ici que sous sa forme pecteuse. On prépare l'acide tungstique liquide en ajoutant d'abord de l'acide hydrochlorique étendu à une solution de 5 pour cent de tungstate de soude, en quantité suffisante pour neutraliser l'alcali ; on place ensuite sur le dialyseur le liquide qui eu est le résultat. Au bout de trois jours, on trouve l'acide à l'état de pureté, avec une perte d'environ 20 pour cent, due à la complète diffusion des sels. Il est à remarquer que l'acide purifié ne devient pas pecteux par l'effet des acides ou des sels, même à la température de l'ébullition. Évaporé à siccité, il se prend en écailles vitreuses comme la gomme ou la gélatine, et adhère quelquefois à la surface du vase, au point de ne pouvoir en être séparé sans en détacher quelques portions. Il peut être chauffé à 200° C. sans perdre de sa solubilité ou sans passer à l'état gélatineux; mais à une température voisine du rouge, il subit un changement moléculaire, et perd en même temps 2,42 pour cent d'eau. Lorsqu'on ajoute de l'eau à de l'acide tungstique, il devient d'une consistance pâteuse et adhésive analogue à celle de la gomme, et si on lui ajoute un quart de son poids d'eau, il se

forme en un liquide aussi dense que le verre. La solution produit une effervescence avec le carbonate de soude, et dans ce cas l'acide tungstique est évidemment associé aux acides siliciques et molybdiques. L'acide tungstique, dissous dans l'eau, n'est ni métallique ni acide au goût, mais plutôt amer et astringent. Évaporé dans le vide, il est incolore, mais verdit à l'air par suite de l'action désoxydante de la matière organique. La présence de l'acide tungstique empêche la pectisation de l'acide silicique liquide, circonstance qui est probablement liée à la formation des composés doubles de ces acides décrits récemment par M. Marignac.

Acide molybdique. — Cet acide, de même que l'acide tungstique, n'avait été connu jusqu'ici que sous sa forme insoluble. Le molybdate de soude cristallisé, dissous dans l'eau, est décomposé lorsqu'on y ajoute de l'acide hydrochlorique en excès, mais sans précipitation immédiate. L'acide liquide, jeté sur le dialyseur, se prend le plus souvent en gelée au bout de quelques heures, mais devient de nouveau liquide lorsque les sels se sont diffusés. Lorsque la diffusion a duré trois jours, il reste environ *60* pour cent d'acide molybdique à l'état de parfaite pureté. La solution d'acide molybdique pur est acide et astringente, de couleur jaune, et possède une grande stabilité. L'acide peut être desséché à 100° et chauffé ensuite à 200° sans perdre sa solubilité. Il a d'ailleurs le même aspect gommeux que l'acide tungstique soluble, et devient déliquescent lorsqu'on l'expose à l'air humide. L'un et l'autre de ces acides perdent leurs propriétés colloïdes lorsqu'on les fait digérer pendant quelque temps avec de la soude, et fournissent une variété de sels cristallisables.

F.-G. STRIDSBERG. SUR QUELQUES COMBINAISONS RENFERMANT DU SESQUI-CYANURE CHROMIQUE. (*Œfversigt... Comptes rendus de l'Ac. des Sc. de Stockholm*, 1863, n° 8, p. 461.)

A l'exception des renseignements généraux consignés par Berzelius, dans son *Traité de Chimie*, sur un sel jaune cristallisant

en masse confuse et qui doit être une combinaison de cyanure potassique avec du sesqui-cyanure chromique, nous ne possédons que les données de Bœckmann, insérées dans la *Chimie organique* de Liebig. Dans aucun de ces deux ouvrages on ne trouve des résultats analytiques sur la composition quantitative de ce corps. Toutefois Bœckmann a ajouté à nos connaissances ce fait, que la forme cristalline de ce sel est la même que celle du cyanure ferrico-potassique ou du sel rouge de Gmelin. En l'absence des détails les plus importants, savoir la composition élémentaire quantitative, M. Svanberg a engagé M. F.-G. Stridsberg à faire de nouvelles expériences sur cette combinaison. C'est le résultat des recherches de M. Stridsberg qui fait l'objet de cette communication.

Lorsqu'on introduit du chlorure chromico-potassique en excès dans une dissolution chaude de cyanure potassique et qu'on continue à faire digérer le mélange pendant une heure, la liqueur se trouble et devient brune. Le trouble est dû au chlorure chromico-potassique en excès qui ne se dissout pas. Par la filtration on obtient une liqueur d'un beau rouge qui, au bout de quelques heures, dépose des druses de cristaux aciculaires jaune safran. Ces cristaux doivent être aussitôt recueillis et séchés, car ils ne tarderaient pas à se décomposer, en devenant plus pâles, tandis qu'ils laisseraient des taches brunes sur le papier à filtre. La même décomposition a lieu, mais plus lentement, si on les sèche sur une surface d'argile poreuse.

Ces cristaux sont du sesqui-cyanure chromico-potassique ; par la forme extérieure, ainsi que par la composition chimique, ils offrent une ressemblance frappante avec le sel rouge de Gmelin.

Ce sel a été soumis à l'analyse après avoir été autant que possible débarrassé de l'eau-mère par une forte et rapide pression dans du papier à filtre.

La dessiccation à + 150° C. n'a fourni dans deux expériences qu'une perte d'eau de 0,1 et 0,2 pour cent.

La quantité de chrome métallique, d'après trois analyses, est 15,90 ; 15,97 et 15,99 pour cent.

Pour le potassium, on a obtenu 35,89 pour cent.

Il résulte de ces nombres que ce sel est anhydre, comme le cyanure ferrico-potassique, que sa composition est également semblable à celle de ce dernier, et qu'il doit être représenté par la formule $3K^2Cy^2 + Cr^2Cy^6$, ainsi que le prouve la comparaison suivante des résultats calculés et trouvés :

	Poids atomique.	Calculé.	Trouvé (moyenne)
3 K.....	1466,25	36,04	35,89
2 Cr....	653,50	16,06	15,95
6 Cy....	1950,00	47,90	(perte) 48,16
	4069,75	100,00	100,00

Ce sel se dissout facilement dans l'eau, sans laisser de résidu, et produit une dissolution jaune tirant sur le rouge.

M. Stridsberg a observé à l'égard du précipité gélatineux qu'on obtient en versant du cyanure ferroso-potassique et du sel ammoniac dans une dissolution d'un sel chromique neutre, qu'il s'oxyde facilement après la dessiccation, lorsqu'on l'expose à l'air à une douce chaleur, et que l'oxydation est quelquefois accompagnée d'ignition dans toute la masse. Quand, avant la dessiccation, on chauffe le précipité vert avec du chlorate potassique, l'oxydation est assez violente pour produire une explosion. Bien que ce précipité n'ait pas encore été examiné d'une manière complète au point de vue de sa constitution, M. Stridsberg a cependant fait quelques expériences qui donnent des éclaircissements à cet égard. Ainsi l'analyse a montré qu'il renferme du fer et du chrôme dans le rapport d'équivalents = 1 : 3 et que la quantité de fer en équivalents est à celle du cyanogène = 4 : 15. Ces chiffres permettent d'établir la formule [1] $2Fe^2Cy^6 + 3Cr^2Cy^6$ pour représenter la composition du précipité anhydre. On peut expliquer la formation de cette combinaison par la décomposition du prussiate jaune par un sel chromique neutre, la neutralité de

[1] Formules atomiques.

la dissolution restant intacte. Une analyse complète est cependant nécessaire avant de pouvoir admettre définitivement cette formule. Ce que les résultats analytiques mettent hors de doute, c'est que l'idée qu'on avait jusqu'à présent sur la composition de ce précipité n'était point d'accord avec ce qui existe réellement et, par conséquent, que ce corps n'est point semblable à celui qui se forme quand on mélange du cyanure ferroso-potassique avec un sel ferrique.

A. Mitscherlich. Des spectres des corps simples et des corps composés. (*Poggendorff's Annalen*, t. CXXI, page 459.)

M. Mitscherlich avait démontré précédemment que les composés métalliques ont des spectres différents de ceux des métaux purs; ce chimiste a étendu depuis lors ses expériences à un très-grand nombre de corps et a publié à ce sujet un mémoire dont la longueur ne permet pas qu'on en puisse faire l'extrait; je me contenterai donc de reproduire les deux conclusions suivantes :

1° Chaque combinaison de premier ordre (binaire), qui n'est pas décomposée et qui est chauffée à une température suffisante pour devenir lumineuse, a un spectre propre et indépendant d'autres circonstances.

2° Pour les combinaisons haloïdes du baryum, à l'exception du fluorure, les distances des lignes correspondantes dans leurs spectres sont directement proportionnelles aux poids atomiques; et pour les combinaisons haloïdes du calcium et du strontium, les fluorures exceptés, elles sont inversément proportionnelles aux poids atomiques. M. D.

ZOOLOGIE, ANATOMIE ET PALÉONTOLOGIE.

Fritz Mueller. Pour Darwin. (Fuer Darwin. in-8°, Leipzig, 1864).

Malgré son titre, l'ouvrage de M. F. Müller n'est point une discussion de la théorie de l'origine des espèces. Il est entière-

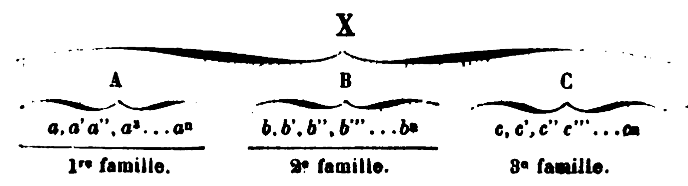
ment consacré à l'exposé d'observations minutieuses, mais les faits observés semblant à l'auteur trouver une explication relativement simple dans l'hypothèse de la transformation graduelle des espèces, il a cru pouvoir les publier sous le titre que le lecteur trouve en tête de cet extrait.

La théorie Darwin veut qu'une classification naturelle, d'un groupe d'animaux par exemple, soit en même temps l'arbre généalogique de ce groupe. M. Fritz Müller s'est efforcé d'établir cette classification et par conséquent cet arbre généalogique pour un groupe remarquable par la multiplicité des formes et en même temps fort bien connu de lui, celui des crustacés. Cet arbre une fois construit, il a déduit de sa structure même certaines conséquences nécessaires. Puis il a cherché à vérifier ces conséquences dans la nature. Ne se vérifiaient-elles point, c'était un coup fatal à la théorie Darwin; se vérifiaient-elles, au contraire, c'était sinon une preuve, du moins une forte présomption en faveur de la théorie. Or, jusqu'ici les conséquences déduites par l'auteur se sont vérifiées. L'ouvrage de M. Fritz Müller nous présente donc un exemple remarquable de conquêtes importantes en histoire naturelle, obtenues par une méthode entièrement déductive, à l'inverse de la plupart des découvertes de la science qui sont réalisées à la suite d'un tâtonnement inductif pour ainsi dire.

Citons brièvement quelques-unes de ces déductions ingénieuses de M. Müller, confirmées plus tard par l'observation.

Les zoologistes distinguent plusieurs familles naturelles de crabes. Les espèces de l'une de ces familles, espèces que nous désignerons par a, a', a'', a''', etc., ont certains caractères en commun, et cela dans l'hypothèse Darwin, parce qu'elles descendent d'un ancêtre commun A, qui présentait déjà ces caractères. De même, les espèces b, b', b'', b''',.. appartenant à une seconde famille, présentent tous les caractères de la famille parce qu'ils les tiennent d'un ancêtre commun B, et les espèces c, c', c'', c''', d'une troisième famille, ont en commun certains caractères provenant d'un ancêtre C, etc. Enfin, les espèces de

toutes ces familles présentent des caractères d'ordre, communs à toutes, provenant de ce que les formes A, B, C, etc., descendaient d'un même type primitif X. En un mot, l'arbre généalogique de ces crustacés serait le suivant :



Maintenant, il est à remarquer que dans chacune de ces familles on trouve, comme exception à la vie normale des crabes, certaines espèces terrestres. Il est permis de supposer *à priori* que ces espèces doivent présenter certaines modifications de l'appareil respiratoire, permettant de respirer l'air en nature. Or, il est possible d'imaginer une multitude de dispositions pouvant conduire à ce résultat, et si chaque espèce terrestre a renoncé pour son compte graduellement à la vie aquatique, chacune d'elles présentera, selon toutes probabilités, une modification *sui generis* très-différente de celles présentées par les autres. Si l'expérience prouvait au contraire que toutes ces espèces terrestres présentent la même modification de l'appareil respiratoire, la théorie Darwin ne pourrait en rendre compte qu'en admettant que ces espèces terrestres appartenaient à diverses familles, espèces que nous pouvons désigner par a^1, b^1, c^1, etc., descendent directement d'un type commun T, qui aurait, déjà avant eux, acquis ces conditions organiques de respiration aérienne. Mais alors on voit que la théorie tomberait en contradiction avec elle-même. Car, tandis que l'étude des organes respiratoires oblige à faire descendre a^1, b^1. c^1,... de T, l'étude des caractères distinctifs des familles fait assigner à chacun de ces types une souche différente, puisqu'elle fait descendre a^1 de A, b^1 de B, c^1 de C, etc.

Les détails de l'organisation de l'appareil respiratoire chez les crabes aériens étaient jusqu'ici inconnus. C'était donc un beau champ d'investigation ouvert à M. Müller. Trouvait-il chez les

espèces terrestres de familles différentes la même disposition permettant la respiration aérienne, la théorie Darwin était irrévocablement condamnée. Découvrait-il au contraire des dispositions toutes différentes et irréductibles au même type, c'était sinon une preuve absolue, du moins une forte présomption en faveur de la théorie. Cette dernière alternative s'est trouvée seule vraie comme nous allons le voir.

Chez un Aratus qui grimpe aux branches des rhizophores et chez un Grapsus errant sur les rochers de l'île de Sta-Catharina, l'air s'introduit dans la cavité branchiale par une fente située au-dessus de la dernière paire de pieds. Ces crabes ouvrent cette fente respiratoire en soulevant l'extrémité postérieure de leur carapace. Cette ouverture se trouve donc à l'extrémité de la cavité branchiale opposée à celle par où l'eau entre et sort, car la position des ouvertures d'ingestion et d'égestion *de l'eau* est la même pour tous les crabes.

Les genres Sesarma et Cyclograpsus, appartenant comme les précédents à la famille des grapsoïdes, comptent des espèces qui vivent dans des trous du littoral. Ces espèces possèdent la même fente respiratoire postérieure, toutefois il est difficile de la voir béante parce que ces animaux ne l'ouvrent que fort rarement, et cela seulement lorsqu'ils sont restés fort longtemps hors de l'eau. Cela tient à une disposition très-curieuse qui n'existe pas chez les précédents et qui permet à ces animaux de respirer pendant longtemps l'air dissous dans l'eau qui baigne leurs branchies. En effet, la région ptérygostomienne (près de la bouche), qui sépare l'ouverture d'ingestion de l'ouverture d'égestion de l'eau, est comme réticulée et hérissée de petits poils recourbés, déjà signalés par M. M. Edwards. L'eau qui sort de l'ouverture d'égestion se répand en un clin d'œil sur ce réseau de poils et s'y sature d'air, après quoi elle est conduite par une disposition spéciale dans l'ouverture d'ingestion. La même quantité d'eau peut ainsi sortir de la cavité branchiale et y rentrer un grand nombre de fois après s'être chargée d'oxygène. Dans un air humide, cette

circulation d'eau peut s'entretenir fort longtemps. La provision d'eau une fois évaporée, le crabe recourt à l'aide de l'ouverture aérienne postérieure.

Les crabes arénicoles aux pieds agiles (Ocypodes) sont devenus tellement étrangers à la vie aquatique, qu'un séjour d'une journée dans l'eau de mer suffit pour les faire périr. Depuis longtemps, on a remarqué chez ces animaux que la troisième et la quatrième paire de pieds sont extrêmement rapprochées l'une de l'autre. Les surfaces contiguës de ces pieds, c'est-à-dire la surface postérieure pour la troisième paire et l'antérieure pour la quatrième, sont munies d'un revêtement de poils serrés sur le bord. On a supposé que ces poils avaient pour effet de diminuer le frottement des surfaces, explication qui répugne évidemment à la mécanique. M. Müller a découvert entre ces deux pieds si rapprochés et à leur base une ouverture conduisant dans la cavité respiratoire. Cette disposition existe chez plusieurs autres espèces de la famille, en particulier chez certains Gélasimes, dont les uns habitent les marais de mangliers, les autres errent dans les sables en plein midi.

On pourrait peut-être tenter de donner une explication téléologique de ces différences dans l'organisation de l'appareil respiratoire et dire que les Ocypodes, par exemple, vivant dans le sable, ont besoin d'une ouverture respiratoire plus protégée contre l'introduction des corps étrangers et par conséquent plus cachée que les Grapsoïdes. Ce raisonnement peut être réfuté par plus d'une raison. Qu'il suffise de rappeler ici, avec M. Müller, qu'un Gélasime, qui vit loin des sables en commun avec plusieurs grapsoïdes aériens dans les forêts de mangliers, présente cependant l'ouverture respiratoire cachée entre la troisième et la quatrième patte comme les ocypodides arénicoles, et non la fente postérieure des grapsoïdes.

Prenons un second exemple parmi les ingénieuses recherches de M. Müller :

Les crustacés nous présentent divers modes de développement bien distincts : le développement des podophthalmes, celui des édriophthalmes (isopodes et amphipodes) et celui des entomostracés avec les cirripèdes.

Certains podophthalmes sortent de l'œuf avec leur forme définitive. C'est le cas pour l'écrevisse fluviatile et pour un Gécarcin terrestre de l'Inde. Mais tous les podophthalmes marins paraissent présenter des formes larvaires. On voit donc ici se vérifier la loi déjà évidente pour les annélides, les turbellariés et les mollusques, d'après laquelle les espèces terrestres ou fluviatiles sont dépourvues de métamorphoses, tandis que les espèces marines voisines en sont pourvues. Quoi qu'il en soit, les podophthalmes à larves paraissent se développer suivant un même plan. Brachyoures, anomoures, macroures, y compris sans doute les squillides, présentent à l'état de larve la forme de zoé. Les zoés sont des êtres entièrement dépourvus de thorax, c'est-à-dire de cette région du corps qui, chez les crabes et les écrevisses, porte les cinq paires d'appendices locomoteurs auxquels les décapodes doivent leur nom. Leur abdomen, divisé en plusieurs anneaux, et leur queue sont dépourvus d'appendices, et cette dernière est formée d'une seule pièce. Leurs mandibules sont dépourvues de palpes comme celles des insectes. Leurs pieds mâchoires, dont la troisième paire fait encore défaut, n'ont pas encore passé dans la série des organes buccaux, mais se présentent sous la forme de pieds natatoires bifurqués. Il existe toujours une carapace dont les parties latérales sont le siége de la respiration. L'eau à l'aide de laquelle cette fonction est entretenue forme un courant qui passe sous le bord de la carapace et qui est produit par le mouvement d'un appendice foliacé ou ligulé de la seconde mâchoire. Toutes ces larves ont d'ailleurs une paire de gros yeux composés, souvent susceptibles de se mouvoir, et ce caractère, joint à celui de la carapace qui recouvre la région antérieure du corps, les fait promptement reconnaître pour de jeunes podophthalmes.

Totalement différentes de ces zoés sont les larves des entomostracés et des cirripèdes (sacculinides compris), larves connues sous le nom de nauplies. Leur corps ovale est dépourvu de toute trace de division ou anneaux, il porte un petit œil frontal impair et trois paires de pieds natatoires, dont la première est simple et les deux autres sont bifurquées. Les nauplies ne présentent pas trace de carapace, ni d'yeux pairs, ni d'organes masticateurs.

Enfin, les édriophthalmes n'offrent ni phase de zoé, ni phase de nauplie.

Le fait que ces trois groupes de crustacés présentent des modes de développement essentiellement différents est assurément digne d'être relevé. La théorie Darwin, en assignant à tous ces crustacés un ancêtre commun, présuppose que cet ancêtre présentait lui-même ces différents modes de développement. Cette hypothèse paraît sans doute audacieuse. Elle n'a cependant plus rien d'invraisemblable aujourd'hui. Il était réservé à M. Müller de le démontrer par la découverte d'espèces à développement mixte, présentant les caractères de ces différents groupes.

L'espèce la plus remarquable, à ce point de vue, est un macroure du genre Peneus, qui quitte l'œuf non point sous la forme de zoé comme les autres décapodes, mais sous celle d'un vrai nauplie tout semblable aux nauplies des entomostracés. Sous les téguments de cette larve, se prépare la phase suivante sous la forme d'un petit crustacé à corps divisé en segments. Dans l'intérieur des deux premières paires de pieds natatoires se forment deux paires d'antennes, et dans l'intérieur de la dernière apparaissent de vigoureuses mandibules. En outre, de nouvelles paires d'extrémités naissent plus en arrière. Les téguments du nauplie tombent alors et il en sort une véritable zoé, ne se distinguant des zoés d'alphées ou de palémons, que par la bifurcation de sa queue qui rappelle la queue des copépodes. Les yeux composés, qui manquent encore, il est vrai, ne tardent pas à apparaître. Cette phase de zoé fait ensuite place à une phase qu'on ne peut désigner autrement que sous le nom de phase de mysis, tellement le jeune

Pénée est semblable dans cet état à un vrai schizopode. Enfin une dernière mue transforme cette pseudo-mysis en Pénée définitif. Ce singulier développement n'est point un fait isolé, car M. Müller a pu constater des phénomènes de métamorphoses successives très-semblables chez quelques espèces voisines.

Voilà donc le développement des entomostracés relié à celui des podophthalmes. La forme de nauplie est la forme la plus simple sous laquelle un crustacé puisse quitter l'œuf. La phase de zoé est une phase subséquente. Les entomostracés naissent sous forme de nauplie et atteignent leur forme définitive avant d'avoir atteint la phase de zoé. Les podophthalmes vivent relativement plus longtemps dans l'œuf, et c'est pour cela qu'ils le quittent généralement sous forme de zoé sans passer par la phase de nauplie. Quelques-uns cependant, comme les Pénées, naissent relativement de meilleure heure, et ceux-là nous présentent toute la série normale du développement d'un crustacé sans enjambement d'aucune phase.

Les édriophthalmes (amphipodes et isopodes) paraissent, eux aussi, être au fond moins différents des autres crustacés que cela ne semblerait ressortir de leur développement, très-différent de celui des podophthalmes et des entomostracés. La théorie Darwin conduit à admettre que leurs ancêtres ont dû, comme ces derniers, parcourir une phase de nauplie ou au moins de zoé, bien que ces phases soient étrangères aux espèces actuelles dont nous connaissons aujourd'hui le développement. M. Fritz Müller s'est encore chargé d'enlever à cette hypothèse son audacieuse invraisemblance. Il vient, en effet, de découvrir que les isopodes du genre Tanaïs conservent encore des caractères de zoés incontestables. M. van Beneden a déjà remarqué que la *Tanaïs Dulongii*, bien qu'un véritable isopode, n'en possède pas moins une carapace comme un décapode. Cette remarque dirigea M. Müller vers l'étude du genre Tanaïs, et bientôt il constata que ces crustacés, au lieu d'avoir des pieds abdominaux respiratoires comme les autres isopodes, n'ont que des pieds locomoteurs dans lesquels

pas un globule sanguin ne pénètre. En revanche, la respiration est localisée chez eux dans les parties latérales de la carapace, qui sont conformées à cet effet exactement comme celles des zoés. Le courant d'eau nécessaire à la respiration est entretenu comme chez les zoés et les décapodes adultes par l'exognathe de la seconde paire de maxilles ; exognathe qui fait défaut à tous les autres édriophthalmes.

Les quelques exemples que nous citons ici ne forment qu'une bien faible partie du riche contingent d'observations nouvelles apporté par M. Müller à l'histoire du développement des crustacés. Mais le cadre de ce recueil nous oblige à nous restreindre. Nous renvoyons donc le lecteur à l'original pour l'examen de l'ingénieux essai de M. Fritz Müller, de ramener les nombreuses différences observées dans l'évolution de crustacés divers, à un raccourcissement, une sorte de contraction d'une partie du développement. Cette contraction porte tantôt sur certaines phases, tantôt sur d'autres qui sont alors, pour ainsi dire, enjambées. M. Müller s'élève vivement contre cette prétendue loi physiologique, qui attribue aux animaux d'un même groupe une ressemblance d'autant plus grande qu'on les compare entre eux à une époque plus précoce de leur développement. Il n'a pas de peine à démontrer que certains crustacés, proches parents les uns des autres, trahissent leur parenté d'une manière beaucoup plus évidente à l'état adulte qu'à l'état embryonnaire. Cela tient à ce que les premières phases du développement sont complétement voilées pour une partie d'entre eux par une sorte de contraction de l'évolution.

Pour terminer ce trop court aperçu, nous glanerons dans l'ouvrage de M. Müller un fait des plus curieux, celui d'un dimorphisme d'un nouveau genre chez une espèce du genre Tanaïs (*T. dubius?* Kr.). Chez cette espèce, dont les individus vivent ensemble par myriades, les jeunes mâles sont très-semblables aux femelles. Mais la dernière mue donne naissance à deux formes

de mâles bien distinctes. Les uns sont munis d'énormes pinces à mors allongé, très-mobiles, et d'antennes antérieures portant jusqu'à douze ou même dix-sept filets olfactifs, tandis que les antennes des femelles n'en portent qu'un seul. Les autres conservent des pinces courtes et lourdes très-semblables à celles des femelles, en revanche leurs antennes portent des filets olfactifs incomparablement plus nombreux que ceux de la première forme de mâles.

Le fait singulier de ce dimorphisme des mâles chez le *Tanaïs dubius* ne semble point inexplicable à M. Müller dans l'hypothèse de Darwin. L'élection naturelle a dû tendre à favoriser les variétés dans lesquelles les mâles pouvaient le plus facilement s'assurer la possession des femelles. C'est ainsi que, d'une part, les mâles munis de pinces vigoureuses et mobiles propres à saisir les femelles, et, d'autre part, ceux munis d'organes olfactifs propres à les mettre sur la piste des femelles, ont seul triomphé dans le combat de la vie. Quelque opinion que l'on ait sur la valeur de cette explication, le fait en lui-même n'en offre pas moins d'intérêt.

Dr OSCAR SCHMIDT. SUPPLÉMENT AUX ÉPONGES DE L'ADRIATIQUE (*Supplement der Spongien des adriatischen Meeres, enthaltend die Histiologie und systematische Ergœnzungen*. Mit 4 Kupfertafeln. gr.-4°. Leipzig, 1864).

M. Schmidt vient de publier un supplément à ses Recherches sur les éponges de l'Adriatique [1], contenant non-seulement la description zoologique de nombreuses espèces nouvelles, mais encore une étude histiologique des spongiaires en général à un point de vue fort nouveau. Les travaux récents de MM. Schultze, Brücke, Hæckel et autres relatifs à la théorie de la cellule, ont eu une influence évidente sur les vues de l'auteur, comme celui-ci est d'ailleurs le premier à le reconnaître. Espérons que les

[1] Voyez *Archives*, 1863, tome XVI, page 335.

principes séduisants de la nouvelle école n'auront pas eu d'action trop profonde sur l'interprétation d'images microscopiques, d'appréciation souvent difficile.

Quoi qu'il en soit, le travail de M. Schmidt est une réaction évidente contre la tendance mise au jour par M. Lieberkühn à interpréter le corps entier des spongiaires comme une aggrégation de cellules distinctes. La nouvelle école histiologique a établi une différence anatomique jusqu'ici non soupçonnée entre le règne animal et le règne végétal : Les végétaux sont de simples aggrégats de cellules, les animaux renferment au contraire toujours certains tissus résultant de la fusion intime de groupes de cellules en unités d'ordre histiologique supérieur. A ce point de vue tout morphologique, les spongiaires, s'ils sont constitués comme M. Lieberkühn le représente, devraient être rangés parmi les végétaux, et cette opinion a déjà trouvé un représentant dans M. Hæckel.

Les spongiaires sembleraient donc rentrer dans ce règne végétal d'où les travaux récents de MM. Bowerbank et Lieberkühn paraissaient les avoir définitivement éloignés. Tel n'est point cependant l'avis de M. Schmidt, lequel vient nous montrer que les spongiaires doivent être considérés comme des animaux, même au point de vue histiologique de la nouvelle école cellulaire. D'après ce savant, la couche corticale de tous les spongiaires, c'est-à-dire, celle qui présente les pores d'ingestion, est formée de sarcode (soit protoplasma) amorphe, très-semblable à celui des rhizopodes. Chez beaucoup d'espèces, appartenant en particulier à la famille des céraospongiaires, ce sarcode liquide montre une tendance à se solidifier, surtout sur les bords de l'animal, à son point de contact avec les corps étrangers. Là se trouvent des expansions membraneuses, très-élastiques, qui passent graduellement au sarcode contractile normal avec ses pores susceptibles d'occlusion. Dans le sarcode sont disséminées des aggrégations de granules, simulant quelquefois à s'y méprendre des cellules, des fibres fusiformes, sans en avoir cependant la valeur morphologique.

Ainsi, selon M. Schmidt, toute la couche corticale des éponges ne serait qu'une masse de sarcode pleine de granules, susceptible d'être considérée comme due à la coalescence du protoplasma d'une foule de cellules imparfaitement différenciées [1]. En revanche, l'auteur reconnaît pleinement l'existence d'éléments celluleux dans le centre des spongiaires : ainsi, des paquets de cellules qu'il considère comme des ovaires, puis les cellules ordinaires des éponges des auteurs, dont une partie engendrent des aiguilles de silice dans leur intérieur chez les halichondries, enfin les appareils vibratiles, les embryons, etc. Ces cellules sont réunies ensemble par du sarcode amorphe.

Voilà dès lors des tissus de catégories bien différentes dans le corps des spongiaires, et pour compléter le tableau histiologique, il ne reste plus qu'à jeter un coup d'œil sur les fibres et les fibrilles des éponges cornées. Les unes et les autres sont dues, selon M. Schmidt, à une transformation du sarcode. Elles constituent le sarcode *formé*, par opposition au sarcode *amorphe*. Chez l'éponge commune, on observe à la base de l'organisme des fibres cornées qui s'étendent au delà du bord membraneux du sarcode pour s'attacher isolément à la pierre ou au fucus. Ce sont les *fibres radicales* de M. Schmidt. Le mode de production de ces fibres est fort simple. La base de l'animal émet de petits prolongements de sarcode contractile, qui ne tardent pas à se solidifier et à perdre par conséquent leur contractilité. La solidification commence dans l'axe du cordon de sarcode et chemine graduellement jusqu'à la surface. Dans toutes les fibres en voie de production, la couche corticale est moins solide que l'axe de la fibre : c'est du sarcode encore imparfaitement solidifié. Toutes les couches de la fibre prennent part, en outre, à l'accroissement

[1] Il ne faut pas oublier que d'après M. Lieberkühn, les cellules des éponges peuvent s'unir dans certains cas si intimement les unes aux autres, qu'il n'est plus possible d'en discerner les limites. Il est donc évident que des apparences identiques sont interprétées d'une manière un peu différente par ces deux savants.

en longueur, mais de telle sorte que le centre de la fibre précède dans sa croissance les couches périphériques.

Ce que nous venons de voir pour les fibres radicales est aussi vrai pour les fibres intérieures de l'éponge et pour les fibrilles des Filifères. Il s'agit toujours de sarcode primitivement amorphe et plus tard solidifié. Les minces fibrilles des Filifères, dont le rôle dans l'organisme semble encore un peu problématique, offrent, selon M. Schmidt, un exemple de génération de cellules exogène, libre. Chacune d'elles se termine par un capitule arrondi, que l'auteur décrit comme une capsule dans l'intérieur de laquelle se produit une véritable cellule nucléée. La fibrille non cellulaire serait donc susceptible d'engendrer une cellule, susceptible sans doute de s'échapper par déhiscence de la capsule enveloppante[1]. Le rôle de ces cellules est d'ailleurs entièrement problématique.

Si toutes les observations de M. Schmidt sont justement interprétées, les spongiaires restent bien dans les limites du règne animal; même au point de vue histiologique de la nouvelle école. D'ailleurs, ce point de vue n'est point à l'abri de toute conteste. M. Cienkowski vient en effet de montrer que le plasmodium des myxomycètes naît de la fusion du protoplasma de cellules primitivement distinctes, mais qui perdent leur individualité dans le stade amœbéen du plasmodium, pour la recouvrer plus tard pendant la fructification.

Relativement à la question de l'individualité des éponges, M. Schmidt est disposé à considérer comme des individus uniques tous les spongiaires munis d'un seul oscule d'éjection, surtout les calcispongiaires à structure évidemment rayonnée, et comme des colonies polyzoaires tous les spongiaires à oscules multiples. Les premiers ont évidemment un système de canaux aquifères unique, commun à tout l'organisme; les seconds en offrent plusieurs.

[1] Nous avouons avoir souvent observé ces capitules sans avoir réussi à découvrir dans leur intérieur le nucléus de la cellule décrite par M. Schmidt. E. C.

Prof. A. Kölliker. Atlas d'histiologie comparée (*Icones histiologicæ, oder Atlas der vergleichenden Gewebelehre, herausgegeben von A. K. Erste Abth.* Leipzig, 1864, grand in-4°).

L'*Atlas d'histiologie comparée* de M. Kölliker a plus d'importance que le titre ne le ferait supposer au premier abord. De simples figures d'histiologie, accompagnées d'une laconique explication, ne seraient que d'une médiocre utilité. L'auteur l'a compris, et l'étendue du texte qu'il a joint aux planches fait de son œuvre un véritable traité d'histiologie comparée. Le plan de ce traité comporte, il est vrai, une grande concision, puisque l'auteur ne prétend exposer que l'état actuel de la science et laisse de côté tous les détails historiques. C'est, dans tous les cas, un riche complément au seul traité d'histiologie comparée que nous possédions jusqu'ici, celui de M. Leydig.

La première livraison (84 pages et 9 planches), la seule jusqu'ici parue, est consacrée à la structure des protozoaires. L'auteur s'est emparé de l'heureuse idée de M. Max Schultze, qui assimile le sarcode, si répandu dans cet embranchement, au protoplasma des cellules et qui fait d'un rhizopode, par exemple, l'équivalent d'une masse de cellules non arrivées à différenciation. M. Kölliker examine successivement les grégarinides, les infusoires, les rhizopodes, les radiolaires et les spongiaires. Il expose avec clarté, concision et critique les résultats essentiels des nombreux travaux dont ces différentes classes ont été l'objet durant ces dernières années. Partout il trouve d'ailleurs à faire valoir ses observations propres. Les résultats de ses recherches individuelles ne présentent rien qui doive être signalé ici relativement aux quatre premières de ces classes, sauf peut-être la persistance de l'auteur dans son ancienne idée, que les infusoires sont des animaux unicellulaires. Il n'en est pas de même pour ce qui concerne la cinquième classe, celle des spongiaires, où l'auteur fait preuve d'une expérience personnelle bien plus étendue et d'autant plus précieuse que la structure de ces animaux donne lieu aujourd'hui à plus d'une discussion.

Les observations de M. Kölliker sur l'histiologie des spongiaires s'écartent moins de celles de M. Lieberkühn que celles de M. Schmidt, dont nous venons de rendre compte[1]. L'auteur trouve, en effet, des cellules non-seulement dans le parenchyme central, mais encore dans la couche corticale de beaucoup d'espèces, cellules qui sont, il est vrai, dépourvues d'enveloppe. Elles sont séparées les unes des autres par une substance intercellulaire d'abondance très-variable. Cependant M. Kölliker trouve bien, comme M. Schmidt, dans certaines éponges un parenchyme ne renfermant que des noyaux disséminés et pas de vraies cellules. Il arrive donc à la conclusion qui découle déjà, pour ainsi dire, des recherches de M. Lieberkühn, que le protoplasma des spongiaires peut se présenter tantôt sous la forme d'une masse semée de nucléus, tantôt sous celle de cellules agglomérées.

Les fibres cornées des céraospongiaires, dépourvues de toute structure cellulaire, ont aux yeux de M. Kölliker une valeur histologique tout autre qu'à ceux de M. Schmidt. Il les considère comme des organes extracellulaires, sécrétés par la surface des cellules de parenchyme; les fibres seraient dans ce cas histologiquement comparables aux dépôts de chitine des arthropodes et aux autres formations dites *cuticulaires*. Cette opinion est inconciliable avec celle de M. Schmidt, qui assimile les fibres cornées à du protoplasma solidifié. Nous devons dire, toutefois, que M. Schmidt paraît avoir suivi de plus près la formation des fibres cornées que M. Kölliker.

Relativement aux fibrilles des filifères, M. Kölliker émet une opinion entièrement nouvelle, c'est qu'elles ne font point partie intégrante de ces spongiaires. Ce seraient des parasites végétaux. Le capitule qui termine l'une des extrémités de chaque fibrille devrait alors être considéré comme la spore d'où le filament serait sorti. M. Schmidt aurait donc bien raison de considérer ce capi-

[1] Bien que postérieur au mémoire de M. Schmidt, le livre de M. Kœlliker a paru trop peu de temps après lui pour avoir pu en tenir compte.

tule comme renfermant une cellule. Quelque inattendue que soit cette manière de voir, elle mérite d'être prise en sérieuse considération.

L'auteur s'est livré à des recherches intéressantes sur les corps siliceux si polymorphes des Halichondries, et il en figure des types nombreux à forme élégante. Le canal axial décrit dans les aiguilles de silice par tous les auteurs récents, devra changer de nom. M. Kölliker prouve, en effet, qu'il s'agit non d'un canal, mais d'un *fil* central, solide, qu'on peut isoler en dissolvant la silice par l'action de l'acide fluorhydrique. Ce fil peut être facilement carbonisé ; il est donc formé par une substance organique. En outre, la partie siliceuse de l'aiguille est en réalité souvent formée de nombreuses couches de silice alternant avec de minces couches de matière organique, comme M. Max Schultze s'en est déjà assuré il y a quelques années par une calcination lente des aiguilles de Hyalonema. La fibre axiale organique se prolonge aux deux extrémités au delà de la masse siliceuse, si bien que les deux pointes de l'aiguille paraissent être formées par la matière organique seule. Diverses observations semblent montrer que dans certaines circonstances les éponges peuvent dissoudre et résorber des concrétions siliceuses précédemment formées dans leur intérieur. C'est ainsi qu'on rencontre des aiguilles de silice perforées d'une foule de petits canaux creusés selon toute vraisemblance sous l'influence du parenchyme mou (peut-être par des processus des cellules).

A.-J. MALMGREN. OM TANDBYGGNADEN, etc. SUR LA DENTITION DU MORSE ET SON CHANGEMENT DE DENTS A L'ÉTAT FŒTAL (*Œfversigt af Kong. Vetensk. Akad. Færhandlingar*, 1863, n° 10, p. 505).

Un très-grand nombre d'auteurs se sont occupés de la dentition du morse : ainsi Camper, Rudolphi, Wiegmann, Cuvier, M. Nilsson, M. Jæger, M. Owen et surtout M. Rapp. Cependant

le désaccord le plus complet règne entre ces autorités relativement à la formule dentaire de ce pinnipède. Cela tient à ce que l'animal perd des dents avec l'âge et aussi à ce que l'on n'a pas toujours pu faire une distinction suffisante entre les dents de lait et les dents de remplacement. M. Rapp était jusqu'ici le seul anatomiste qui eût pu disposer d'un fœtus de morse.

M. Malmgren saisit donc avec joie l'occasion d'élucider cette question, occasion qui lui fut fournie lorsque l'expédition du Spitzberg rapporta un embryon de morse en juillet 1861. Plusieurs têtes de jeunes individus et d'adultes le mirent à même de compléter cette étude.

La dentition de lait complète se compose avant la naissance de six incisives à chaque mâchoire, et d'une canine, plus quatre molaires de chaque côté de chaque mâchoire, soit 32 dents en tout. La formule dentaire est donc à cette époque de la vie $\frac{3-3}{3-3}, \frac{1-1}{1-1}, \frac{4-4}{4-4}$. Une partie de ces dents sont détruites totalement ou presque totalement avant la naissance : ce sont la paire interne d'incisives de chaque mâchoire, la première molaire de la mâchoire supérieure, la seconde molaire de la mâchoire inférieure et la troisième molaire de chaque mâchoire. Peu de temps après la naissance, au commencement de la lactation, on voit disparaître l'incisive moyenne de chaque côté de la mâchoire inférieure, les canines supérieures et inférieures, la première molaire de la mâchoire inférieure et la seconde de la supérieure, ainsi que les incisives externes des deux mâchoires. Les incisives de la seconde paire à la mâchoire supérieure sont les dents de lait dont la durée est la plus longue. Cependant elles disparaissent en général avant que le petit ait quitté la dépendance de sa mère, ce qui a lieu vers l'âge de deux ans. Chez quelques individus l'on voit persister l'une ou l'autre de ces dents jusqu'à la troisième ou même la quatrième année, ce qui a donné lieu à certaines appréciations erronées.

La seconde dentition est déjà toute formée chez l'embryon avant la naissance et peut s'exprimer par la formule : $\frac{1-1}{0}, \frac{1-1}{1-1}, \frac{3-3}{3-3}$

=18. Les dents dont elle se compose sont très-différentes de celles de la première dentition, car elles ont une racine creuse, tandis que ces dernières ont une racine conique et solide. Il ne peut y avoir de doute sur l'interprétation de la dent permanente la plus antérieure à la mâchoire inférieure comme canine et non comme molaire. Elle est séparée en effet des molaires, chez le fœtus, par une véritable *barre*, par un espace trois fois plus grand que celui qui sépare les molaires les unes des autres. En outre, cette dent succède à une dent de lait que sa forme particulière doit faire considérer comme une canine. D'ailleurs la position de la canine définitive, relativement à la canine de lait, est très-différente de celle des molaires de remplacement, relativement aux molaires de lait.

Le changement de dentition, pendant l'état fœtal, n'est point particulier aux morses, mais existe aussi chez tous les phoques, de même que chez les talpides et les soricides. Toutefois la dentition de lait des otaries, des halichœres et des phoques, se distingue de celle des morses à plusieurs égards. Elle compte en particulier $\frac{3-3}{2-2}$ incisives, et celle des morses $\frac{3-3}{3-3}$. La présence d'une incisive de plus à la mâchoire inférieure du morse mérite bien d'être relevée. En effet, MM. Steenstrup et Sundevall ont montré, par des considérations ostéologiques, que les morses doivent occuper dans un système naturel une place intermédiaire entre les phocides et les mustélides (plus particulièrement les Loutres et les Enhydris). Or, au point de vue du nombre des incisives, les morses se comportent, on le voit, comme les mustélides et non comme les phoques. Une seconde particularité de la dentition du morse, dont il est difficile d'apprécier la portée, c'est que le nombre des dents de lait est supérieur à celui des dents permanentes. L'inverse a lieu chez les phocides, qui comptent $\frac{3-3}{3-3}$ molaires à la dentition de lait, et $\frac{5-5}{5-5}$ à la dentition de remplacement, tandis que les morses en comptent $\frac{4-4}{4-4}$ à la première et $\frac{3-3}{3-3}$ à la seconde.

L'auteur paraît pencher pour une réunion de la famille des pinnipèdes à celle des mustélides, réunion qui paraîtra sans doute audacieuse à plus d'un lecteur, malgré les affinités que nous venons de rappeler.

Prof. OWEN. ON THE ARCHÆOPTERYX, etc. SUR L'ARCHÆOPTERYX DE M. H. VON MEYER (*Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, 1863, p. 33.)

Les *Archives* ont précédemment rendu compte de la découverte d'animaux vertébrés munis de plumes dans les schistes lithographiques de Solenhofen en Bavière. La première publication de ce fait important était due à feu Andréas Wagner qui ne connaissait, il est vrai, l'échantillon que par un rapport de M. Witte, du Hanovre. D'après les renseignements qu'il obtint, ce savant considéra les caractères de reptiles comme prédominant dans ce curieux fragment.

Depuis lors ce fossile remarquable a passé des mains de son premier possesseur, M. Heberlein, de Pappenheim, dans la collection du British Muséum où M. Owen a pu en faire une étude plus approfondie. Les conclusions de l'illustre paléontologiste anglais sont moins surprenantes que les conjectures du savant bavarois, sans que ce fossile remarquable perde pour cela de son intérêt. Le vertébré ailé de Solenhofen n'était point un reptile emplumé, mais bien un oiseau, singulièrement différent, il est vrai, de ceux de la nature actuelle. La forme du pied, la conformation du bassin, la structure de la plus grande partie de l'aile, la pneumaticité des os et l'existence même des plumes assigne à ce singulier animal une place incontestable parmi les oiseaux. En revanche, il s'écartait de tous les oiseaux actuels, d'une part, par l'existence probable au membre antérieur de 2 doigts onguiculés, libres de l'aile, et d'autre part, par l'existence d'une longue queue composée d'une vingtaine de vertèbres. Le dernier caractère, surtout, a droit de surprendre, si l'on considère que tous les oiseaux de la nature actuelle présentent une

queue courte, condensée pour ainsi dire, et présentant le plus souvent une coalescence des vertèbres terminales en un os unique de forme spéciale. Toutefois, il est à remarquer que chez les embryons des oiseaux, les vertèbres caudales sont distinctes et souvent nombreuses. Chez les jeunes autruches, M. Owen a compté jusqu'à 18 ou 20 vertèbres libres entre les os iliaques, en arrière de la cavité acétabulaire. Ce nombre est plus tard considérablement diminué par la coalescence de 7 ou 8 vertèbres avec le sacrum et la réunion de deux ou trois autres en un os styliforme terminal.

L'oiseau de Solenhofen nous offre donc un exemple de persistance pendant toute la vie d'un état qui n'existe que transitoirement pendant la période embryonnaire chez les représentants modernes de la classe. Il s'agit donc d'une forme inférieure de ce groupe moins différente que les autres oiseaux du type vertébré fondamental. L'anomalie de l'aile doit être considérée de la même manière : la persistance de deux doigts onguiculés devant être considérée comme une moindre déviation du type normal du membre antérieur que l'aile des autres oiseaux.

Le vertébré ailé de Solenhofen prenant ainsi place dans la série des oiseaux, il n'est guère possible de lui conserver le nom de *Gryphosaurus* proposé M. Wagner. M. Owen lui attribue le nom générique d'Archæopteryx établi par M. Hermann de Meyer pour une plume fossile de Solenhofen. Il est, il est vrai, difficile de démontrer que cette plume ait bien appartenu à l'espèce dont nous possédons aujourd'hui une grande partie du squelette. Fort de cette incertitude, M. Owen rejette, comme soulevant de nombreuses objections, le nom spécifique de *lithographica* de H. von Meyer et y substitue celui d'*Archæopteryx macrura*.

———

BOTANIQUE.

L. RABENHORST. FLORA EUROPÆA. ALGARUM AQUÆ DULCIS ET SUBMARINÆ. *Sect. 1. Algas Diatomaceas complectens. Cum figuris generum omnium xylographice impressis.* Lipsiæ apud E. Kummerum, 1864. Un volume de 360 pages en grand in-8°.

Après la définition générale des Algues, l'auteur, d'accord avec les recherches récentes sur cette famille, donne le conspectus des cinq classes d'Algues, basées d'un côté sur la nature siliceuse ou non siliceuse du derme des cellules, et de l'autre côté sur la couleur du contenu des cellules, qui est due à la présence du phycochrome, de la chlorophylle, de matières brunes ou roses, et où, avec ces couleurs différentes, se présentent en même temps des réactions chimiques distinctes. Les cinq classes, ainsi caractérisées, sont les suivantes : 1° les Diatomophycées ; 2° les Phycochromophycées ; 3° les Chlorophyllophycées ; 4° les Mélénophycées ; 5° les Rhodophycées.

Les Diatomophycées sont ensuite divisées en 14 groupes appelés familles, et constituent la première et la seule partie de l'ouvrage qui ait paru jusqu'à présent. Les genres, en ne comptant pas quelques exotiques mentionnés çà et là, sont au nombre de 92, qui appartiennent strictement à l'Europe. Ils sont exposés, au commencement, sous forme de conspectus, sont accompagnés de figures lithographiées, représentant les caractères distinctifs. Dans le texte proprement dit, quatre dessins ont en outre été ajoutés pour faciliter l'intelligence de certains genres ou de sections de genres. Le texte, pour les espèces vivantes et fossiles, comprend 300 pages environ, et deux index, l'un pour les noms de genres et d'espèces admis, l'autre pour les synonymes, terminent cet intéressant ouvrage.

La partie publiée, comme nous l'avons dit, ne contient que les Diatomacées, ces êtres infiniment petits, si répandus et si communs partout, formés d'une seule cellule, dont la membrane présente de la cellulose, et entourés d'une carapace bivalve, sili-

ceuse, indestructible par le feu, ces êtres qui, en tant que végétaux, sont aussi extraordinaires par l'élégance de leurs formes mathématiques que par leur carapace, et qui, pour l'étude convenable, présentent et présenteront toujours des difficultés sérieuses. Aux difficultés inhérentes à la nature même des objets, il s'en était encore ajouté, depuis quelques années, d'autres qui provenaient d'une foule de publications éparses, difficiles à se procurer. Le Dr Rabenhorst, si versé dans cette branche, a donc rendu un véritable service à ceux qui veulent s'occuper de ces intéressants objets microscopiques. Rien de plus clair, en effet, que l'exposé succinct des genres, accompagné de figures très-nettes et très-bien choisies, comme le même auteur l'avait déjà fait, du reste, dans sa *Kryptogamen-Flora von Sachsen und der Oberlausitz*, publiée en 1863 et accueillie partout avec une faveur si bien méritée. Cet exposé, par sa frappante simplicité, ne sera pas seulement très-utile aux novices, mais aussi aux personnes déjà versées dans l'étude des Diatomacées, de sorte que chacun le consultera avec profit.

Pour faciliter l'étude des espèces, l'auteur, autant que cela se pouvait, a introduit, au moins dans les plus grands genres, de nombreuses divisions, et là encore, comme pour les genres, nous voyons le même esprit pratique dominer dans l'arrangement des détails. Un bon nombre d'espèces peu marquées, ne présentant évidemment que des variétés ou des formes d'espèces communes et polymorphes, ayant des caractères distinctifs moins importants que les vraies espèces, ont pu être réduites en synonymes ou subordonnées à des espèces plus anciennes, comme simples variétés. On ne saurait que féliciter l'auteur d'être, du moins partiellement, entré dans cette voie si nécessaire lorsqu'on veut arriver à une appréciation philosophique de l'espèce, dans une famille de plantes où jusqu'à présent on ne connaissait guère que des formes. Aussi doit-on désirer vivement que l'auteur puisse bientôt offrir la suite de son ouvrage et y arriver à des résultats aussi satisfaisants.

Après l'exposé trop succinct de quelques-uns des mérites de l'ouvrage, il nous sera permis de relever quelques détails. On aimerait voir les auteurs et la synonymie cités non-seulement pour les genres et les espèces, mais aussi pour les divisions appelées classes et familles. En second lieu, on ne comprend guère ni la nécessité, ni l'utilité, ni même la légalité de changer pour la même chose l'ancien nom de Diatomées ou Diatomacées en Diatomophycées, et ceux de Chromophycées et Chlorophycées, déjà publiés antérieurement et parfaitement clairs et bons, en des termes aussi disgracieux que Chlorophyllophycées et surtout Phycochromophycées. Enfin, il est regrettable qu'aux pages 75 et 257, il y ait deux genres nouveaux, distincts, sous le même nom d'Amphicampa.

M.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A L'OBSERVATOIRE DE GENÈVE

sous la direction de

M. le Prof. E. PLANTAMOUR

PENDANT LE MOIS DE JANVIER 1865.

Le 1er, il a neigé à plusieurs reprises dans la journée, hauteur de la neige 7mm.
3, de 5 h. 30 m. à 7 h. 30 m. du soir, couronne lunaire à plusieurs reprises.
5, couronne lunaire dans la soirée.
8, halo solaire de 10 h. à 3 h.; de midi à 1 h. il était très-beau. Halo lunaire et couronne lunaire une grande partie de la soirée.
11, couronne lunaire et halo lunaire dans la soirée.
12, brouillard tout le jour, très-intense le soir.
14, quelques coups de tonnerre au Sud-Est, de 1 h. 30 m. à 1 h. 45 m.; le plus fort a eu lieu à 1 h. 40 m.
16, dans la journée et dans la nuit suivante, il a neigé; le lendemain matin la hauteur de la neige était de 55mm.
19 et le 20, dans la matinée, il a neigé; hauteur de la neige 60mm. La neige a disparu de la plaine le 21.
22, forts coups de vent du SO. dans la nuit du 21 au 22.
27, de 3 h. à 6 h. 15 m. du matin, éclairs et tonnerres; les éclairs sont très-intenses vers 6 h.; entre 5 h. 30 m. et 5 h. 45 m. du soir, pluie mêlée de grêlons.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.

MAXIMUM.	mm	MINIMUM.	mm
Le 2, à 10 h. matin...	721,43	Le 1, à 6 h. matin ..	718,24
5, à 8 h. matin...	734,98	3, à midi..........	713,71
7, à 10 h. matin...	737,23	6, à 2 h. soir	730,31
10, à 10 h. matin...	730,45	9, à 2 h. soir......	728,41
14, à 8 h. soir	715,80	14, à 11 h. matin....	709,83
20, à 6 h. matin...	719,19	16, à 10 h. soir......	706,14
23, à 10 h. matin...	725,89	22, à 6 h. matin....	716,03
29, à 10 h. matin...	726,45	27, à 4 h. soir......	711,93

Jours du mois	Baromètre. Hauteur moy. des 24 h.	Baromètre. Écart avec la hauteur normale.	Température C. Moyenne des 24 heures.	Température C. Écart avec la temp. normale.	Température C. Minim.	Température C. Maxim.	Tension de la vap. Moy. des 24 h	Tension de la vap. Écart avec la tension normale.	Fract. de saturation en millièmes. Moy. des 24 h.	Fract. de saturation. Écart avec la fraction norm.	Fract. de saturation. Minimum.	Fract. de saturation. Maximum.	Pluie ou neige. Eau tomb. d. les 24 h.	Pluie ou neige. Nomb. d'h.	Vent dominant.	Clarté moy. du Ciel.	Temp. du Rhône. Midi.	Temp. du Rhône. Écart avec la temp. normale.	Limnimètre à midi
	millim.	millim.	°	°	°	°	mm	mm					mm.				°		pouces
1	718,82	— 8,65	— 0,13	+ 0,16	— 3,0	+ 2,3	4,34	+0,36	952	+ 83	800	1000	1,5	6	SSO. 1	1,00	...	....	30,3
2	721,11	— 6,37	+ 0,47	+ 0,79	— 0,2	+ 1,8	4,24	+0,26	907	+ 38	810	960	...	..	NE. 1	1,00	5,2	0,0	30,2
3	715,48	—12,01	+ 0,26	+ 0,61	— 1,9	+ 2,8	4,11	+0,13	886	+ 17	750	960	...	..	variable	0,70	5,2	+ 0,1	30,0
4	730,04	+ 2,54	— 0,60	— 0,23	— 1,2	+ 1,2	3,86	—0,12	895	+ 26	780	930	...	..	variable	0,89	5,0	— 0,1	29,5
5	734,38	+ 6,87	+ 0,91	+ 1,30	— 4,3	+ 8,5	4,24	+0,26	860	— 9	620	1000	...	..	SSO. 1	0,22	5,0	0,0	29,5
6	731,26	+ 3,75	+ 3,52	+ 3,93	— 2,0	+10,7	4,41	+0,41	742	—127	560	930	...	..	SO. 2	0,90	5,1	+ 0,1	29,3
7	736,17	+ 8,66	+ 2,23	+ 2,65	+ 0,4	+ 5,6	3,10	—0,89	597	—272	400	750	...	..	NNE. 2	0,29	5,1	+ 0,2	29,0
8	732,26	+ 4,75	— 2,30	— 1,87	— 7,0	+ 4,0	3,43	—0,57	874	+ 5	570	1000	...	..	variable	0,43	...	.....	29,0
9	728,76	+ 1,25	+ 4,53	+ 4,97	— 3,0	+10,5	4,74	+0,74	743	—126	430	940	0,2	1	SO. 1	0,77	5,5	+ 0,7	29,0
10	729,58	+ 2,07	+ 3,23	+ 3,68	— 0,2	+10,0	5,01	+1,00	874	+ 5	620	980	...	..	SO. 1	0,33	5,2	+ 0,4	29,0
11	728,69	+ 1,18	+ 0,44	+ 0,90	— 1,1	+ 4,0	4,48	+0,47	957	+ 89	820	1000	...	..	S. 1	0,83	5,2	+ 0,5	29,0
12	722,48	— 5,03	+ 0,02	+ 0,49	— 1,6	+ 1,3	4,57	+0,56	999	+131	940	1000	...	..	S. 1	1,00	5,2	+ 0,5	29,0
13	716,51	—10,99	+ 2,67	+ 3,13	— 2,9	+ 6,4	4,65	+0,63	826	— 42	540	1000	6,8	5	SSO. 2	0,89	5,0	+ 0,3	29,0
14	713,21	—14,29	+ 6,84	+ 7,29	+ 2,6	+10,3	4,96	+0,94	653	—214	500	750	7,1	6	SO. 3	0,93	5,2	+ 0,6	29,0
15	714,61	—12,88	+ 2,23	+ 2,67	+ 0,5	+ 4,9	4,15	+0,12	792	— 75	680	910	0,3	2	SSO. 2	0,94	...	.....	29,0
16	709,68	—17,80	+ 1,40	+ 1,82	— 0,2	+ 4,0	4,20	+0,16	841	— 25	720	970	0,4	2	SSO. 1	0,98	4,9	+ 0,3	29,0
17	708,10	—19,37	— 0,55	— 0,15	— 3,2	+ 2,2	3,93	—0,11	902	+ 36	780	970	4,7	4	SSO. 1	0,67	4,9	+ 0,3	29,0
18	712,05	—15,41	— 0,68	— 0,30	— 4,6	+ 1,5	4,03	—0,02	916	+ 51	820	990	0,3	2	SSO. 2	0,87	4,9	+ 0,4	29,0
19	717,90	— 9,55	+ 0,31	+ 0,67	— 1,6	+ 2,1	3,77	—0,29	807	— 57	650	940	0,3	2	SSO. 2	0,90	4,7	+ 0,2	29,2
20	718,78	— 8,65	+ 1,54	+ 1,87	— 0,5	+ 4,6	4,56	+0,49	901	+ 37	690	1000	3,2	5	SSO. 2	1,00	4,7	+ 0,2	29,0
21	717,43	— 9,98	+ 3,72	+ 4,02	+ 2,8	+ 6,0	5,16	+1,08	874	+ 11	770	920	0,6	2	NNO. 1	1,00	4,9	+ 0,4	29,0
22	717,29	—10,10	+ 6,31	+ 6,58	+ 4,4	+ 7,7	5,58	+1,49	788	— 74	680	900	10,8	6	SSO. 2	0,98	...	.....	29,0
23	724,65	— 2,72	+ 2,17	+ 2,40	+ 0,5	+ 7,0	3,60	—0,50	689	—172	540	810	0,4	2	variable	0,78	5,0	+ 0,5	29,0
24	722,43	— 4,92	+ 6,74	+ 6,93	0,0	+13,7	5,35	+1,24	729	—131	440	960	1,5	1	variable	0,79	5,0	+ 0,6	29,0
25	720,81	— 6,52	+10,41	+10,56	+ 8,6	+14,3	7,07	+2,95	747	—112	590	880	0,3	2	SO. 2	1,00	5,4	+ 1,0	30,3
26	717,48	— 9,82	+ 8,46	+ 8,57	+ 7,0	+11,9	7,60	+3,48	928	+ 71	840	960	1,7	6	N. 1	1,00	5,5	+ 1,1	30,5
27	712,62	—14,66	+10,73	+10,79	+ 7,0	+14,1	6,58	+2,45	690	—166	530	780	5,3	5	SSO. 2	0,86	5,8	+ 1,4	31,7
28	719,02	— 8,23	+ 1,99	+ 2,00	+ 0,6	+ 9,5	3,73	—0,40	692	—163	530	780	...	..	variable	0,77	5,6	+ 1,2	32,7
29	724,94	— 2,26	— 1,10	— 1,14	— 4,0	+ 2,0	3,48	—0,66	837	— 17	720	950	...	..	NNE. 2	0,04	...	....	33,8
30	717,93	— 9,26	+ 0,20	+ 0,11	— 4,5	+ 3,1	4,11	—0,04	865	+ 13	750	940	...	..	variable	0,98	4,8	+ 0,4	34,0
31	716,76	—10,40	+ 3,76	+ 3,61	+ 1,4	+ 7,8	4,93	+0,78	838	— 12	610	950	0,6	2	variable	0,73	5,0	+ 0,6	34,0

Digitized by Google

MOYENNES DU MOIS DE JANVIER 1865.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h. s.
				Baromètre.					
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade,	727,79	728,14	728,33	727,59	727,37	727,66	728,03	728,56	728,78
2e »	716,20	716,31	716,51	716,25	716,05	716,26	716,23	716,24	716,20
3e »	719,11	719,60	719,99	719,61	719,03	718,77	718,80	718,88	718,68
Mois	720,97	721,29	721,56	721,10	720,76	720,83	720,95	721,15	721,14
				Température.					
	o	o	o	o	o	o	o	o	o
1re décade	— 1,18	— 1,04	+ 1,22	+ 3,88	+ 4,58	+ 3,45	+ 2,03	+ 0,90	+ 0,55
2e »	+ 0,43	+ 0,92	+ 2,33	+ 3,04	+ 2,93	+ 2,17	+ 1,58	+ 1,10	+ 0,60
3e »	+ 3,51	+ 3,91	+ 4,83	+ 6,23	+ 6,75	+ 6,46	+ 4,85	+ 4,80	+ 4,78
Mois	+ 1,00	+ 1,35	+ 2,86	+ 4,44	+ 4,82	+ 4,11	+ 2,88	+ 2,65	+ 2,16
				Tension de la vapeur.					
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade,	3,91	3,85	4,03	4,18	4,28	4,38	4,45	4,33	4,21
2e »	4,30	4,39	4,49	4,79	4,53	4,36	4,13	4,11	4,15
3e »	5,17	5,10	5,21	5,27	5,09	5,12	5,32	5,36	5,37
Mois	4,48	4,47	4,60	4,74	4,63	4,64	4,65	4,63	4,60
				Fraction de saturation en millièmes.					
1re décade,	928	907	805	705	658	748	833	884	884
2e »	904	893	830	827	805	824	811	837	860
3e »	831	820	779	720	688	692	803	807	816
Mois	888	872	804	750	716	753	815	842	852

	Therm. min.	Therm. max.	Clarté moyenne du Ciel.	Température du Rhône.	Eau de pluie ou de neige.	Limnimètre.
	o	o		o	mm	p.
1re décade,	— 2,24	+ 5,74	0,65	5,16	1,7	29,5
2e »	— 1,26	+ 4,13	0,90	4,97	23,1	29,0
3e »	+ 2,16	+ 8,83	0,81	5,22	21,2	31,2
Mois	— 0,36	+ 6,32	0,79	5,12	46,0	29,9

Dans ce mois, l'air a été calme 1 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 0,32 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est S. 36°,6 O. et son intensité est égale à 56 sur 100.

TABLEAU

DES

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AU SAINT-BERNARD

pendant

LE MOIS DE JANVIER 1865.

Le 26, après l'observation de dix heures du matin, le baromètre a baissé presque subitement d'un millimètre par un violent coup de vent.

Pendant plus de 15 jours, le sentier sur la montagne a toujours été obstrué de neige du jour au lendemain, par suite du vent.

Les variations de la température d'un jour à l'autre présentent de remarquables divergences à Genève et au St-Bernard ; ainsi, du 7 au 8 de ce mois, la température s'est élevée de 9°,55 au St-Bernard, tandis qu'elle s'est abaissée de 4°,53 à Genève : la différence de température entre les deux stations était de 14°,22 le 7, et de 0°,14 seulement le 8.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.

MAXIMUM.	mm	MINIMUM.	mm
		Le 1, à 6 h. matin..	553,65
Le 2, à 8 h. soir....	555,11	3, à midi........	551,30
5, à 10 h. soir.....	567,78	6, à 8 h. soir . .	560,06
8, à 10 h. matin ..	568,06	9, à 2 h. soir....	563,81
10, à 10 h. soir....	565,04	14, à 2 h. soir ...	550,26
14, à 4 h. soir...	551,70	17, à 8 h. matin..	542,94
21, à 10 h. soir....	555,41	22, à 6 h. matin..	554,29
24, à 6 h. soir...	560,85	28, à 8 h. matin..	550,66
29, à 6 h. soir....	557,83		

Jours du mois	Baromètre. Hauteur moy. des 24 heures.	Baromètre. Ecart avec la hauteur normale.	Baromètre. Minimum.	Baromètre. Maximum.	Température, C. Moyenne des 24 heures.	Température, C. Ecart avec la température normale.	Température, C. Minimum.[1]	Température, C. Maximum.[1]	Pluie ou neige. Hauteur de la neige.	Pluie ou neige. Eau tombée dans les 24 h.	Pluie ou neige. Nombre d'heures.	Vent dominant.	Clarté moy. du Ciel.
	millim.	millim.	millim.	millim.	°	°	°	°	mm	mm			
1	553,82	— 6,99	553,05	554,72	—10,58	— 1,47	—12,3	— 8,3	......	......	......	SO. 1	0,43
2	554,77	— 6,01	554,46	555,11	—11,01	— 1,87	—12,3	— 8,0	......	......	......	NE. 1	0,02
3	552,78	— 7,98	551,30	555,12	—13,00	— 3,82	—14,2	—10,7	......	......	......	SO. 1	0,60
4	562,58	+ 1,84	558,89	565,08	— 9,45	— 0,24	—11,3	— 7,8	......	.....	......	NE. 1	0,22
5	567,29	+ 6,57	566,81	567,78	— 3,65	+ 5,59	— 4,5	— 2,1	......	......	......	NE. 1	0,10
6	563,42	+ 2,72	560,06	566,27	— 5,95	+ 3,32	—11,6	— 2,7	200	20,0	12	NE. 2	0,84
7	565,56	+ 4,88	561,55	567.43	—11.99	— 2,70	—15 0	— 8,7	......	......	......	NE. 2	0,43
8	567,18	+ 6,52	566,44	568,06	— 2,44	+ 6,88	— 4,1	+ 1,3	......	......	.....	SO. 1	0,18
9	564,43	+ 3,79	563,81	564,92	— 4,07	+ 5,28	— 7,1	— 0,9	......	......	......	NE. 1	0,69
10	564,44	+ 3,82	564,02	565,04	— 6,02	+ 3,35	— 7,5	— 4,1	......	......	......	SO. 1	0,02
11	563,77	+ 3,17	563,36	564,71	— 7,62	+ 1,77	— 8,5	— 6,0	......	......	......	SO. 1	0,38
12	559,67	— 0,91	558,02	561,53	— 7,95	+ 1,46	— 8,2	— 7,0	70	5,0	4	SO. 1	1,00
13	555,13	— 5,43	554,78	555,58	— 8 52	+ 0,91	— 9,9	— 6,8	140	12,5	10	SO. 1	0,90
14	551,46	— 9,08	550,24	553,34	— 6,72	+ 2,72	—10,3	— 3,5	250	23,0	12	SO. 1	1,00
15	549,04	—11,48	548,63	549,62	—12,29	— 2,84	—13,0	—10,8	130	8,7	9	NE. 1	1,00
16	545,86	—14,64	544,39	547,33	—13,27	— 3,81	—14,5	—11,3	50	2,7	6	SO. 1	0,90
17	543,67	—16,81	542,94	544,96	—14,15	— 4,68	—15,6	—12,2	60	2,8	12	NE. 1	1,00
18	546,35	—14,11	545,31	547,69	—15,84	— 6,36	—16,9	—13,0	......	......	......	NE. 1	0,51
19	551,53	— 8,91	549,36	552,48	—15,44	— 5,95	—16,3	—13,7	......	......	......	NE. 1	0,63
20	553,60	— 6,82	553,16	554,36	—12,01	— 2,52	—14,6	— 9,5	80	7,2	3	NE. 1	1,00
21	554,75	— 5,65	554,21	555,41	— 5,71	+ 3,79	— 7,6	— 4,0	60	3,5	12	SO. 1	1,00
22	554,61	— 5,77	554,29	555,15	— 5,14	+ 4,36	— 7,9	— 1,9	50	6.6	9	variable	1,00
23	557,45	— 2,90	555,44	558,65	— 9,43	+ 0,07	—14,1	— 4,6	......	.....	......	NE. 1	0,90
24	560,26	— 0,07	559,64	560,85	— 3,41	+ 6,09	— 4,5	— 0,3	......	......	......	NE. 1	0,74
25	559,80	— 0,51	558,98	560,53	— 1,34	+ 8,16	— 4,6	+ 1,8	110	24,1	12	NE. 1	1,00
26	558,36	— 1,93	557,38	559,26	+ 1,19	+10,69	— 1,9	+ 4,2	......	......	......	SO. 1	0,87
27	553,30	— 6,97	552,62	554,37	— 3,92	+ 5,57	— 5,1	— 2,1	60	7,9	10	SO. 1	0,93
28	552,30	— 7,95	550,66	554,43	—11,72	— 2,23	—14,7	— 6,5	50	4,8	10	NE. 2	1,00
29	557,43	— 2,80	556,09	557,83	—12,02	— 2,54	—17,0	— 6,9	......	......	......	variable	0,00
30	553,63	— 6,58	553,19	554,66	— 9,65	— 0,18	— 9,8	— 8,9	......	......	......	SO. 1	0,79
31	552,34	— 7,86	551,22	552,97	— 9,86	— 0,43	—10,5	— 8,4	.....	......	......	variable	0,34

[1] Les chiffres renfermés dans ces colonnes donnent la plus basse et la plus élevée des températures observées de 6 h. du matin à 10 h. du soir, les thermomètrographes étant hors de service.

MOYENNES DU MOIS DE JANVIER 1865.

Baromètre.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s	6 h. s.	10 h. s
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade,	561,05	561,50	561,82	561,46	561,35	561,53	561,86	562,06	562,16
2e »	552,21	552,12	552,50	551,86	551,67	551,93	551,92	551,99	552,02
3e »	555,59	555,62	555,93	555,79	555,74	555,87	556,06	556,08	556,08
Mois	556,26	556,39	556,72	556,35	556,24	556,43	556,60	556,69	556,71

Température.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s	6 h. s.	10 h. s
1re décade,	— 8°,54	— 8°,35	— 7°,64	— 6°,63	— 5°,68	— 7°,24	— 8°,13	— 8°,14	— 8°,11
2e »	—11,87	—11,47	—10,95	—10,22	— 9,87	—11,21	—11,56	—11,67	—11,74
3e »	— 6,97	— 7,14	— 6,63	— 4,98	— 4,25	— 5,87	— 6,43	— 6,87	— 7,10
Mois	— 9,06	— 8,93	— 8,35	— 7,20	— 6,52	— 8,04	— 8,63	— 8,83	— 8,92

	Min. observé.[1]	Max. observé.[1]	Clarté moy. du Ciel.	Eau de pluie ou de neige.	Hauteur de la neige tombée.
	°	°		mm	mm
1re décade,	— 9,99	— 5,20	0,35	20,0	200
2e »	—12,78	— 9,38	0,83	61,9	780
3e »	— 8,88	— 3,42	0,78	46,9	330
Mois	—10,50	— 5,92	0,66	128,8	1310

Dans ce mois, l'air a été calme 21 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 1,44 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 45°E., et son intensité est égale à 16 sur 100.

[1] Voir la note du tableau.

OBSERVATIONS GÉOLOGIQUES ET PALÉONTOLOGIQUES

SUR

QUELQUES PARTIES DES ALPES

DE LA SAVOIE ET DU CANTON DE SCHWYTZ

PAR

MM. ADOLPHE D'ESPINE ET ERNEST FAVRE.

Les espèces éteintes enfouies dans le sein de la terre ont été depuis longtemps, pour le géologue, un guide précieux dans la détermination de l'âge des terrains; en effet, en vertu de la grande loi révélée par la paléontologie sur la durée limitée des espèces, une période géologique est caractérisée par des fossiles distincts et spéciaux, qui ne se retrouvent ni avant ni après elle. Cette loi avait été regardée, il y a une quinzaine d'années, comme absolue et sans exception. Alcide d'Orbigny, le grand paléontologiste français, dans un travail gigantesque, avait réparti tous les fossiles connus dans vingt-sept étages ou périodes successives, et il croyait que dans la suite des temps toutes les espèces soit animales, soit végétales, avaient été vingt-sept fois détruites et vingt-sept fois entièrement renouvelées, sans qu'il y eût aucun trait d'union entre deux périodes successives. De nos jours, rien n'est venu infirmer la loi de la durée limitée des espè-

ces, seulement les limites se sont étendues. On a constaté dans ces dernières années de nombreuses espèces passant d'une période à l'autre et des rapports évidents entre les faunes de deux formations successives. Un grand nombre de faits partiels, il est vrai, mais qui ont bien leur importance, quand ils ont été étudiés avec soin, ont fait abandonner l'idée de coups de théâtre, de bouleversements périodiques qui auraient séparé les diverses époques géologiques, et on est arrivé à croire que les choses ont dû se passer d'une manière assez conforme à ce que nous voyons de nos jours.

La science commence toujours par être absolue, générale, synthétique ; ce n'est que par un travail subséquent d'analyse et d'observations de détails qu'on arrive à constituer une histoire exacte et véritable des phénomènes de la nature. Nous avons cru bien faire en choisissant, comme sujet de travail, une de ces questions de détail, qui, au premier abord, paraissent quelque peu arides; mais qui, étudiées avec soin, conduisent à des conclusions dont on ne peut méconnaître l'importance.

Nous avons examiné un mélange de faunes dans le gault des Alpes.

On sait que les mers albiennes ont vu se succéder dans leur sein des faunes très-différentes. Les observations faites sur le gault de France, d'Angleterre et d'Allemagne, et surtout le travail remarquable de M. le professeur Pictet sur les fossiles de Ste-Croix[1], ont fait reconnaître au moins deux divisions dans la période albienne. A Ste-Croix, on peut même en distinguer trois : le gault *inférieur*, le gault *moyen*, et le gault *supérieur*. Les deux premières

[1] *Matériaux pour la Paléontologie suisse.* Description des fossiles des environs de Ste-Croix, par MM. Pictet et Campiche.

ont beaucoup d'espèces communes et sont peu distinctes; le gault supérieur, par contre, présente une faune spéciale, caractérisée par l'apparition de nombreuses espèces. Il se présente donc comme une époque bien distincte, dont les fossiles tendraient à se rapprocher de ceux de l'époque cénomanienne.

Nous donnerons, pour l'intelligence de notre travail, un court aperçu des principales espèces de ces différentes formations.

Les fossiles spéciaux au gault inférieur de Ste-Croix sont: *Ammonites regularis, A. tardefurcatus, A. Milletianus*[1], *A. Martinii. — Crioceras depressus. — Helicoceras Thurmanni. — Avellana subincrassata. — Cerithium ornatissimum, C. tectum, C. Lallierianum. — Scalaria Dupiniana. — Natica Clementina, N. Favrina. — Pleurotomaria Gibbsii. — Phasianella gaultina. — Trochus conoïdeus*, etc., etc.

Les principales espèces communes au gault moyen et au gault inférieur sont les suivantes: *Ammonites mamillatus, A. Beudanti, A. interruptus, A. subalpinus. — Ancyloceras Blancheti, A. Vaucherianus. — Avellana lacryma. — Turritella Vibrayeana. — Solarium moniliferum*, etc.

Le gault moyen possède en outre une faune spéciale dont voici les principales espèces: *Ammonites Lyelli, A. Parandieri, A. Delucii, A. quercifolius. — Ancyloceras Nicoleti. — Hamites attenuatus, H. Raulinianus. — Ptychoceras gaultinus. — Scalaria gurgitis*, etc.

Examinons la faune du gault supérieur. Parmi les ammonites, deux espèces seulement ont fait leur première

[1] L'*A. Milletianus* apparaît déjà vers la fin de la période aptienne.

apparition dans le gault moyen ; ce sont l'*A. latidorsatus* et l'*A. Raulinianus*, cette dernière sous une forme toutefois un peu différente. Les *Ammonites inflatus, falcatus, Mayorianus, varicosus, Timotheanus, Velledæ*, n'ont jamais été trouvées plus bas que le gault supérieur. Les *Turrilites*, les *Scaphites*, les *Anisoceras* [1], y apparaissent pour la première fois. Parmi les autres fossiles caractéristiques de cet étage, on peut citer les suivants : *Hamites virgulatus, Baculites Gaudini, Avellana incrassata, Cerithium Mosense, Pleurotomaria gaultina, P. regina, P. Moreausiana, Turbo Brunneri, T. Triboleti, Solarium Tollotianum, S. triplex*, etc., etc.

Telle est en quelques traits la répartition des fossiles dans le riche gisement de Ste-Croix [2].

Il ne faut pas s'attendre à trouver partout une séparation aussi tranchée des faunes albiennes qu'à Ste-Croix ; à la *Perte du Rhône*, par exemple, il y a un commencement de mélange ; M. Renevier [3] a distingué dans le gault de cette localité trois couches fossilifères (*a, b* et *c*). Il a trouvé dans la couche *c* la plus inférieure, l'*Avellana subincrassata*, l'*Ammonites mamillatus*, l'*A. regularis*, l'*A. tardefurcatus* et l'*A. Milletianus*, mais ces trois dernières espèces sont seules spéciales à cette couche, les autres se trouvent également dans la couche *b*. D'un autre côté, l'*Ammonites latidorsatus*, l'*A. Velledæ*, l'*Anisoceras Saussureanus*, la *Turrilites Bergeri* sont spéciales aux

[1] L'*Anisoceras armatus* paraît toutefois avoir été trouvé dans le gault moyen.

[2] Il ne s'agit ici que des céphalopodes et des gastéropodes, puisque les acéphales et les échinodermes n'ont pas été publiés jusqu'à présent par M. Pictet ; mais ils suffisent déjà pour établir de nombreux points de comparaison avec le gault des autres pays.

[3] *Mémoire géologique sur la perte du Rhône.*

couches supérieures *a* et *b*; mais l'*Ammonites inflatus*, l'*A. Mayorianus*, l'*A. varicosus* se trouvent aussi dans la couche *c*. L'arrangement n'est donc plus tout à fait le même à la Perte du Rhône qu'à Ste-Croix, quoique la distance qui sépare les deux gisements soit relativement restreinte.

Le gault de la France septentrionale nous offre, en général, de grandes analogies avec celui de Ste-Croix. La distribution des fossiles y est presque la même. En effet, dans le département de la Meuse, M. Buvignier[1] distingue : 1° les *sables et argiles du gault*, contenant *Ammonites monile* (mamillatus), *A. regularis*, *A. tardefurcatus*, *A. Milletianus*, *Cerithium ornatissimum*, etc.; 2° la *gaize*, terrain intermédiaire entre le gault et le cénomanien, d'une composition minéralogique toute particulière et caractérisée par l'*Ammonites inflatus*, l'*A. Renauxianus*, l'*A. falcatus*, le *Cerithium Mosense*, la *Pleurotomaria Moreausiana*, etc.; cette faune paraît correspondre exactement à la faune albienne supérieure de Ste-Croix.

Dans la *Nièvre*, qui a été étudiée avec soin par M. Th. Ebray, l'étage albien présente deux couches principales, les *argiles et sables inférieurs*, et les *sables ferrugineux*, assise très-puissante que M. Ebray, dans un travail stratigraphique tout récent[2], a démontré être l'équivalent de la gaize de la Meuse. La faune de ces deux formations concorde d'ailleurs complétement.

Dans l'*Yonne*, les sables ferrugineux existent encore,

[1] *Statistique géologique et paléontologique du département de la Meuse*, par A. Buvignier, 1852.

[2] *Stratigraphie de l'étage albien des départements de l'Yonne, de l'Aube, de la Haute-Marne, de la Meuse et des Ardennes.* — Bulletin de la Société géologique de France, 2e série, tome XX, page 209.

quoique atteignant une épaisseur moindre. L'apparition de l'*Ammonites monile* (mamillatus) dans cette couche est un fait curieux à signaler. Elle a été trouvée dans les sables ferrugineux, près de Soumaintrain ; sauf cette anomalie, les autres fossiles sont identiques à ceux de la gaize. Les argiles inférieures sont très-riches en fossiles ; et il semblerait, d'après les données de M. Raulin [1], que le gault moyen et le gault inférieur ne se confondent pas entièrement ; ainsi près de Gurgy, l'*Ammonites regularis* et l'*A. tardefurcatus* reposent immédiatement sur le terrain aptien, tandis que l'*A. Beudanti* et d'autres espèces plus spéciales au gault moyen ont été trouvées dans des couches plus élevées.

Dans l'*Aube* on remarque la transition entre le facies sablonneux du sud et le facies argileux ou gaizeux du nord. La faune est à peu près la même, c'est-à-dire qu'on trouve l'*Ammonites lautus*, l'*A. auritus*, et l'*A. inflatus* dans les couches supérieures, qui vont se confondre au nord avec la gaize, et l'*A. regularis*, l'*A. mammillatus*, etc., dans les argiles inférieures ou *argiles tégulines* [2], comme on les appelle dans ce département, parce qu'elles sont employées pour la poterie.

En *Angleterre*, le gault supérieur est développé aux environs de Cambridge ; les fossiles qui en proviennent concordent assez bien avec ceux du grès vert supérieur de Ste-Croix, tandis que les fossiles du gault de Folkestone correspondent plutôt à ceux de la couche inférieure [3].

[1] *Statistique géologique*, etc., de l'Yonne, par Raulin et Leymerie, 1858.

[2] *Statistique géologique, minéralogique*, etc., de l'Aube, par Leymerie, 1843.

[3] *Note sur la succession des mollusques céphalopodes pendant l'époque crétacée dans les Alpes suisses et le Jura*, par F.-J. Pictet, 1861.

La faune albienne d'Angleterre présente toutefois une curieuse anomalie, qui consiste en ce que l'*Ammonites mammillatus* trouvée dans le gault proprement dit[1] du Berkshire[2] est mentionnée comme un des fossiles caractéristiques de l'*Upper Greensand* par M. J. Beate Jukes[3] et, ce qui est plus étonnant, elle a été trouvée dans la craie chloritée de l'île de Wight[4], avec les *A. varians*, *Coupei*, etc. Il serait peut-être prudent de s'assurer de l'identité de cette ammonite avec l'*A. mammillatus* de Schlotheim, avant d'en tirer une conclusion définitive. Mais ce fait est très-probable, puisqu'il concorde avec les observations de M. Ebray sur la position de l'*A. mammillatus* dans l'Yonne.

En *Allemagne*, les travaux de M. de Strombeck sur le gault du Brunswick[5], nous ont vivement intéressés, parce que leurs résultats sont identiques à ceux que M. le professeur Pictet a obtenus de l'examen des terrains de Ste-Croix; voici en effet la succession des couches qu'il a constatée :

1. Aptien avec *Ammonites Nisus*, etc.
2. Argile ferrugineuse avec *Am. Milletianus*, *Cornuelianus*, etc.
3. Argile avec *A. tardefurcatus*, *A. regularis*.

[1] Les géologues anglais distinguent : 1° le *Lower-Greensand*, correspondant à notre formation aptienne ; 2° le *gault*, qui est à peu près le gault moyen et inférieur de Ste-Croix ; 3° l'*Upper-Greensand*, terrain intermédiaire entre le gault et la craie chloritée.

[2] *Memoirs of Geological Survey of Great Britain*, n° 12.

[3] *The Student's Manual of Geology*, by J. Beate Jukes, 1860.

[4] *Memoirs of G. Survey of Gr. Brit.*, n° 10.

[5] *Zeitschrift der Geologischen Deutschen Gesellschaft*, tome VIII, page 456.

4. Argile avec *Belemnites minimus*.
5. *Flammenmergel*, caractérisé par les ammonites *inflatus*, *Mayorianus*, *auritus*, *Renauxianus*, *varicosus*, *Turrilites Bergeri*, etc.
6. Cénomanien.

Le *Flammenmergel* de M. de Strombeck est donc le correspondant exact du gault supérieur de Ste-Croix.

Il résulte de tous ces faits : 1° que la période du gault supérieur a été aussi distincte de celle du gault inférieur que cette dernière a été distincte de la période aptienne ; 2° que la faune du gault supérieur s'est étendue dans plusieurs pays et qu'elle s'est graduellement substituée à celle de l'étage inférieur.

Cela étant bien établi, passons à l'étude des faits curieux et exceptionnels que nous a présentés le gault des Alpes de Savoie et du canton de Schwytz. Nous y avons constaté un mélange complet des deux faunes albiennes, et nous avons cru qu'il avait assez d'importance soit au point de vue de l'histoire géologique de nos Alpes, soit au point de vue purement théorique, pour en faire l'objet d'un mémoire spécial.

Nous avons étudié, en 1864, la *Goudinière* près du Grand-Bornand, et le *Criou* près de Samoëns. Ces deux endroits sont situés dans le département de la Haute-Savoie. Nous avons encore visité la *Wannen-Alp*, près d'Yberg, dans le canton de Schwytz. Ces trois localités présentent de riches gisements de fossiles et ont déjà fourni de beaux échantillons, à diverses collections, en sorte que la détermination des espèces a été facile et que nous avons pu nous appuyer sur des données paléontologiques certaines. Nous parlerons séparément de chacune de ces localités, parce que le mélange des faunes

ne se présente pas partout exactement dans les mêmes conditions, et nous dirons quelques mots des observations géologiques que nous avons faites.

LA GOUDINIÈRE.

GÉOLOGIE. — La chaîne des Vergy s'élève sur la rive gauche de l'Arve. Elle est formée des terrains crétacés et des terrains tertiaires que nous allons passer en revue. La localité de la Goudinière est située sur son versant S.-E., pas loin du village du Grand-Bornand.

TERRAINS CRÉTACÉS. — L'étage *urgonien* forme la presque totalité de la chaîne des Vergy et leur donne leur aspect âpre et décharné. Ce terrain se présente avec tous les caractères que nous lui connaissons ailleurs. Il est formé d'une roche très-dure, un peu cristalline, blanche à la superficie, mais violacée dans l'intérieur; elle renferme rarement des fossiles bien conservés, cependant à Dessy on a recueilli des caprotines et des radiolites. L'urgonien est le terrain le plus ancien qui se trouve près de la Goudinière; nous avons cru toutefois reconnaître des marnes néocomiennes dans une combe placée entre le Grand-Bornand et le Chenaillon.

Au-dessus de l'étage urgonien nous avons trouvé l'étage *aptien* qui affleure d'une manière continue sur une grande longueur de la chaîne. Nous l'avons reconnu aux Étroits, au Mont, et au-dessus du Grand-Bornand. Il est très-apparent à la Goudinière, où il forme un escarpement d'une trentaine de pieds. De là nous avons pu le suivre pendant trois quarts d'heure jusqu'au-dessus du village du Chenaillon. L'étage aptien est formé de deux couches distinctes: la partie supérieure, la plus considé-

rable, est un grès siliceux jaunâtre, assez compacte et dur à l'intérieur, mais corrodé à l'extérieur par les agents atmosphériques. La partie inférieure est composée de marnes bleuâtres feuilletées sans fossiles, qui sont peut-être l'équivalent des marnes aptiennes de la Perte du Rhône; alors la partie rocheuse représenterait les grès durs de ce même gisement. Les fossiles que nous avons recueillis dans l'aptien de la Goudinière sont identiques à ceux de la Perte du Rhône; ce sont la *Trigonia caudata*, Ag., la *Cyprina angulata*, Sow., la *Rhynchonella lata*, d'Orb., la *Rh. sulcata*, d'Orb., et *Rh. Renauxiana*, d'Orb., le *Pecten aptiensis*, d'Orb., et l'*Ostrea aquila*, d'Orb.

Le *gault*, qui est moins répandu que l'aptien, le recouvre en plusieurs endroits; nous l'avons constaté au Mont, au col du Grand-Bornand, à la Goudinière, et au-dessus du Chenaillon. A la Goudinière, sa superposition à l'aptien est très-facile à voir, car en faisant creuser une tranchée à travers toute l'épaisseur du gault, nous sommes arrivés au grès aptien d'où nous avons retiré une *Ostrea aquila* et quelques-uns des fossiles qui caractérisent ordinairement cette couche (*Cyprina angulata*, etc.). La composition minéralogique du gault peut varier suivant les endroits, sans que la faune change en quoi que ce soit.

La coupe que nous avons fait faire nous a présenté la succession suivante :

15 centimètres de terre végétale,
41 » de terre bleuâtre argileuse du gault,
34 » de grès vert proprement dit, tantôt en morceaux pierreux plus ou moins gros, tantôt en argile, à grains verts, également du gault.

90 centimètres.

Mais au-dessus du Chenaillon, le gault devient rocheux, il passe à l'état de grès siliceux à grains verts compacte, très-dur, également pétri de fossiles.

A côté du champ de la Goudinière se trouve une rangée de rochers blancs, très-durs, ressemblant à ceux de l'étage urgonien par leurs caractères minéralogiques, mais ils sont superposés au gault et sont l'équivalent de la *craie*. Nous avons retrouvé ces mêmes rochers au-dessus du Chenaillon, où ils atteignent une très-grande épaisseur. Ce n'est pas la première fois que ce terrain est constaté dans les Alpes de Savoie; on l'a trouvé en divers endroits toujours avec cette même apparence.

TERRAINS TERTIAIRES. — Le terrain *nummulitique* est largement représenté dans la vallée du Grand-Bornand. Il est formé d'un calcaire dur, noirâtre surtout à sa base, pétri de petites nummulites et couvert fréquemment d'empreintes de *limes* et de *peignes*. Au col des Ferrans (ou du Grand-Bornand), il change de caractère; il présente l'aspect d'une brèche calcaire très-compacte qui renferme également beaucoup de nummulites.

Le *macigno alpin* [1] recouvre le nummulitique dans le fond de la vallée. Il est formé d'une marne schisteuse, se délitant en ardoises grisâtres avec quelques écailles de poissons.

PALÉONTOLOGIE. — Le gault de la Goudinière affleure sur un espace très-restreint et son épaisseur atteint à peine un mètre; néanmoins il a fourni une immense quantité de fossiles. Pour bien nous assurer du mélange de ces fossiles dans une si faible épaisseur, nous avons

[1] Le macigno alpin est l'équivalent du flysch ou grès à fucoïdes.

noté avec soin la profondeur à laquelle se trouvait chaque échantillon au-dessous du sol ; il eût été peut-être plus logique de noter la hauteur des fossiles à partir de l'étage aptien, mais c'était matériellement impossible. D'ailleurs, la chose importante est de connaître la hauteur relative des espèces, et de savoir par exemple si la *Turrilites Bergeri* a été trouvée au-dessus, à côté ou au-dessous de l'*Ammonites regularis*.

Pour nous assurer que la distribution des fossiles était partout la même, nous avons fait ouvrir plusieurs tranchées dans différentes parties du pré de la Goudinière (fig. II). La première (n° I) a été la plus considérable et nous a fourni le plus grand nombre d'échantillons ; les autres tranchées nous ont donné d'ailleurs des résultats analogues.

Nous n'avons pu saisir d'autre rapport entre la composition minéralogique du gault et les fossiles, que le fait de l'abondance des céphalopodes dans la partie supérieure (surtout dans l'argile brune), tandis que les gastéropodes et les acéphales abondent surtout dans l'argile à grains verts.

Quant à la faune en elle-même, les *ammonites* et les *turrilites* s'y trouvent en grand nombre ; les *nautiles* et les *hamites* sont rares ; le *belemnites minimus*, si caractéristique du gault d'autres localités, n'y existe pas. Les *gastéropodes*, quoique représentés par beaucoup d'espèces différentes, sont peu fréquents à la Goudinière. Le contraire a lieu pour les acéphales dont quelques espèces sont très-communes.

Les trois faunes du gault à la Goudinière sont mélangées dans une couche de quelques décimètres d'épaisseur ; les espèces les plus caractéristiques des trois for-

mations se trouvent à toutes les hauteurs également; ainsi nous avons recueilli près de la surface du sol des *Ammonites regularis, A. tardefurcatus, A. mamillatus*, etc., ainsi que des *A. Mayorianus, inflatus, latidorsatus*, et des *Turrilites Bergeri, T. Puzosianus*; cette même association d'espèces a été trouvée à une grande profondeur, au contact de l'aptien. Le fait le plus saillant que nous ayons constaté est une *Turrilites Bergeri* qui reposait sur le grès aptien à un mètre de profondeur et une *Ammonites Milletianus* que nous avons trouvée à un ou deux centimètres au-dessous de la surface du sol; or on sait que dans beaucoup d'endroits la *Turrilites Bergeri* se rencontre dans l'étage cénomanien et que l'*A. Milletianus* a déjà vécu dans la période aptienne. Pour donner une idée du mélange intime de ces fossiles et en même temps de la manière dont nous avons procédé, nous donnerons le catalogue de la profondeur à laquelle nous avons trouvé les espèces caractéristiques de notre première tranchée.

I. *Fossiles trouvés de 0 à 15 cent.* (terre végétale).

Ammonites regularis. — A. Milletianus. — A. mamillatus. — A. Lyelli. — A. Mayorianus. — Turrilites Bergeri. — T. Puzosianus.

II. *Fossiles trouvés de 15 cent. à 56 cent.* (terre brune argileuse).

A 20 cent. — Ammonites tardefurcatus, Turrilites Escherianus.
» 23 » Turrilites Puzosianus.
» 25 » Turrilites Bergeri. — Ammonites cristatus.
» 26 » Baculites Gaudini.
» 29 » Turrilites Gresslyi.

A 31 cent. — Ammonites mamillatus. — A. tardefurcatus. — A. Beudanti.
» 35 » A. cristatus. — A. Mayorianus.
» 38 » A. tardefurcatus, A. Beudanti.
» 40 » A. regularis.
» 42 » A. latidorsatus.
» 48 » A. tardefurcatus, A. inflatus.
» 50 » A. regularis.
» 51 » Hamites attenuatus.
» 52 » Ammonites regularis.
» 53 » A. latidorsatus, A. cristatus, Inoceramus concentricus.
» 54 » A. tardefurcatus, A. Beudanti, A. Mayorianus, A. interruptus, Turr. Bergeri.
» 56 » A. regularis. — A. cristatus.

III. *Fossiles trouvés de 56 cent. à 1 mètre* (argile à grains verts).

A 66 cent. — Ammonites tardefurcatus, A. Beudanti.
» 70 » A. Beudanti. — A. latidorsatus. — Turrilites Bergeri, T. Puzosianus. — Pleurotomaria Rhodani, Pl. alpina. — Inoceramus Salomoni. — Rhynchonella lata, Rh. antidichomata. — Terebratula lemaniensis.
» 75 » Turr. Puzosianus. — Terebratula Dutempleana.
» 82 » A. regularis. — Hamites attenuatus.
» 1 mètre. — Turrilites Bergeri.

IV. *Grès aptien* (*Ostrea aquila* Brong., *Cyprina angulata* Sow., etc.).

Nous n'avons trouvé dans cette tranchée que les espèces les plus communes à la Goudinière; elles sont aussi les plus caractéristiques. Par le catalogue général des fossiles, il est facile de voir que la faune de la Goudinière est d'une grande richesse, que plusieurs espèces

rares qui n'avaient été trouvées qu'à Ste-Croix par MM. Pictet et Campiche, s'y rencontrent, et que des espèces cénomaniennes comme l'*A. Coupei*, l'*A. falcatus* se voient comme les autres côte à côte avec l'*A. Milletianus!*

CATALOGUE DES FOSSILES DE LA GOUDINIÈRE.

Nous avons pu former la liste suivante des fossiles de cette localité grâces à l'obligeance de M. le prof. Pictet et de M. le prof. Favre, qui ont bien voulu mettre leurs collections à notre disposition. La collection du Musée académique et notre collection nous ont également aidés à atteindre notre but.

CÉPHALOPODES.

Nautilus
- Montmollini, Pict. et Camp.
- Bouchardianus, d'Orb.

Ammonites
- Agassizianus, Pictet.
- Balmatianus, Pict.
- Beudanti, Brong.
- Blancheti, Pict. e Camp. ?
- Bouchardianus, d'Orb.
- Bourritianus, Pict.
- Brottianus, d'Orb.
- Coupei, Brong.
- cristatus, Sow.
- Deluci, Brong.
- dispar, d'Orb.
- Dutempleanus, d'Orb.
- falcatus, Mant.
- Hugardianus, d'Orb.
- inflatus, Sow.

Ammonites
- interruptus, Brong.
- Jallabertianus, Pict.
- latidorsatus, Mich.
- Lyelli, d'Orb.
- mamillatus, Schloth.
- Mayorianus, d'Orb.
- Martinii, d'Orb. ?
- Milletianus, d'Orb.
- nodosocostatus, d'Orb.
- Parandieri, d'Orb.
- quercifolius, d'Orb.
- Raulinianus, d'Orb.
- regularis, Brong.
- Renauxianus, d'Orb.
- Studeri, Pict. et Camp.
- subalpinus, d'Orb.
- tardefurcatus, Leym.
- Timotheanus, d'Orb

Ammonites
varicosus, Sow.
Velledæ, Mich.
versicostatus, Mich.
Vraconnensis, Pict. et Camp.

Scaphites
Hugardianus, d'Orb.
Meriani, Pict. et C.

Ancyloceras
Blancheti, Pict. et C

Anisoceras
alternatus, Mantell.
perarmatus, Pict. et C.
pseudo-elegans, Pict.
Saussureanus, Pict.

Hamites
attenuatus Sow.,
Charpentieri, Pict.
compressus, Sow.
maximus, Sow.
Moreanus, Buvign.
rotundus, Sow.
Studerianus, Pict.
virgulatus, d'Orb.

Baculites
Gaudini, Pict. et C.

Turrilites
Bergeri, d'Orb.
Escherianus, Pict.
Hugardianus, d'Orb:
Puzosianus, d'Orb.
Gresslyi, Pict. et C.

GASTÉROPODES.

Avellana
Hugardiana, d'Orb.
subincrassata, d'Orb.

Ringinella
alpina, Pict. et R.

Turritella
Vibrayeana, d'Orb.
Faucignyana, Pict. et R.

Scalaria
Clementina, d'Orb.
Dupiniana, d'Orb.
Rhodani, Pict. et R.

Natica
Favrina, Pict. et R.
gaultina, d'Orb.

Natica
indét.

Pleurotomaria
alpina, d'Orb.
Carthusiæ, Pict. et R.
Gibsii, Sow.
Rhodani, d'Orb.
Saussureana Pict. et R.
regina, Pict. et R. ?
Thurmanni, Pict. et R.

Phasianella
gaultina, d'Orb.

Turbo
Golezianus, Pict. et R.
Pictetianus, d'Orb.

Turbo
Faucignyanus, Pict. et R.
subdispar, d'Orb.
Trochus
conoïdeus, d'Orb. (ou Solarium Conoïdeum, Sow.)
Hugianus, d'Orb. (ou Solarium Hugianum, Pict. et R.)
Solarium
granosum, d'Orb.
moniliferum, Mich.
ornatum, Sow. ?
subornatum, d'Orb.
triplex, Pict. et R.
Tingryanum, Pict. et R.
Pterocera
bicarinata, d'Orb.
retusa, Fitton. (ou Pterocera subretusa, d'Orb.)
Rostellaria
cingulata, Pict. et R.
Parkinsoni, Sow.
Aporrhaïs
obtusa, Pict. et R.
Parkinsoni, d'Orb. ?
marginata, Sow.
Murex
Genevensis, Pict. et R.
Sabaudianus, Pict. et C.
Crepidula
gaultina, Buv.
Helcion
conicum, d'Orb. ?
Fusus
Clementinus, d'Orb.
Cerithium
excavatum, Brong.
Dentalium
Rhodani, Pict. et R.
Indét.

LAMELLIBRANCHES.

Gastrochœna
Ind.
Neœrea
Sabaudiana, Pict. et B.
Panopœa
acutisulcata, d'Orb.
Sabaudiana, Pict. et B.
Cardium
Alpinum, Pict. et R.
Isocardia
crassicornis, d'Orb.
Crassatella
Sabaudiana, Pict. et R.
Arca
fibrosa, d'Orb.
Isoarca
Agassizii, Pict. et R.
Inoceramus
concentricus, Park.
sulcatus, Park.
Salomoni, d'Orb.
Lima
Alpina, Pict. et R.

BRACHIOPODES.

Rhynchonella
lata, d'Orb.
antidichotoma, d'Orb.

Terebratula
Dutempleana, d'Orb.
Lemaniensis, Pict. et R.

ECHINODERMES.

Hemiaster
minimus, Desor.

Holaster
lævis, Agass.

Discoïdea
rotula, Agass.
conica, Des.

Récapitulation des genres et des espèces.

	Genres.	Espèces.
Céphalopodes............	8	60
Gastéropodes	20	44
Lamellibranches	10	12
Brachiopodes............	2	4
Echinodermes...........	3	4
	43	124

LE CRIOU.

GÉOLOGIE. — La montagne qui porte ce nom est placée à l'est du village de Samoëns, dans la vallée du Giffre, et cette vallée est située un peu à l'est de celle de l'Arve.

Le Criou est presque exclusivement formé de terrain urgonien recouvert directement par le gault dans certaines places, l'étage aptien étant absent. Ce gault est composé dans sa partie inférieure d'un grès dur et compacte à grains verts, et dans sa partie supérieure d'une couche assez considérable d'argile brune ; parfois aussi toute

l'épaisseur de la couche de gault est argileuse, comme à la Goudinière. Nous avons cru remarquer également des bancs de craie qui présentaient la même apparence et la même structure que dans la vallée du Grand-Bornand; mais nous n'avons pu les constater d'une manière aussi positive.

PALÉONTOLOGIE. — Le gault du Criou est très-riche en fossiles. Les ammonitides déroulés dominent parmi les *céphalopodes*, tandis que les ammonites proprement dites, à l'exception d'une ou deux espèces très-communes, sont peu abondantes. Les *gastéropodes* sont rares, les *acéphales* encore plus. Les *échinodermes*, par contre, sont représentés par quelques espèces qu'on rencontre à chaque pas.

Les fossiles du Criou appartiennent surtout au gault supérieur et au gault moyen. L'*Ammonites inflatus*, la *Turrilites Bergeri*, la *Turr. Puzosianus* (sup.), l'*Ammonites Beudanti* et l'*Hamites attenuatus* (moy.) se trouvent également à toutes les hauteurs dans la couche. Nous avons creusé plusieurs tranchées comme à la Goudinière, et nous avons pu nous assurer du mélange de la faune moyenne et de la faune supérieure; ainsi nous avons recueilli à une grande profondeur une *Turrilites Bergeri* et un *Anisoceras Saussureanus*, tandis que nous avons trouvé presque à la surface plusieurs *A. Beudanti* et un *Hamites attenuatus*. Il existe, en outre, quelques représentants du gault inférieur au Criou; ce sont l'*Ammonites Milletianus*, l'*A. regularis*, l'*Avellana subincrassata* et l'*Aporrhaïs obtusa;* mais ces fossiles sont très-rares, et nous n'avons constaté nous-mêmes que l'*A. Milletianus*

dont nous avons trouvé quelques échantillons dans la partie supérieure de l'argile brune.

Voici donc en résumé les conclusions auxquelles nous arrivons sur la faune du Criou.

1° Les espèces du gault moyen et du gault supérieur ont vécu ensemble à la même époque au Criou.

2° La faune du gault inférieur, très-développée à la Goudinière, n'a eu au Criou que de rares représentants.

CATALOGUE DES FOSSILES DU CRIOU.

Nous donnons aussi pour cette localité la liste des fossiles du gault.

CÉPHALOPODES.

Nautilus
Bouchardianus, d'Orb.

Ammonites
Balmatianus, Pict.
Beudanti, Brong.
Bourritianus, Pict.
Candollianus, Pict. (var. et type).
Deluci, Brong.
Hugardianus, d'Orb.
inflatus, Sow.
latidorsatus, Mich.
Mayorianus, d'Orb.
Milletianus, d'Orb.
Parandieri, d'Orb.
Timotheanus, d'Orb.
regularis, Brong.
varicosus, Sow.
Raulinianus, d'Orb.

Ammonites
interruptus, Brug.
Denarius, Brong.

Scaphites
Hugardianus, d'Orb.
Meriani, Pict. et C.

Anisoceras
perarmatus, Pict. et C.
Saussureanus, Pict.

Hamites
Charpentieri, Pict.
Desorianus, Pict. ?
attenuatus, Sow.
rotundus, Sow.
Studerianus, Pict.
virgulatus, d'Orb.
Venetzianus, Pict. et R.

Baculites
Gaudini, Pict. et C.

Helicoceras
indét.
Turrilites
Bergeri, d'Orb.
costatus,[1] Lam.
Escherianus, Pict.
Gresslyi, Pict.
Turrilites
Hugardianus, d'Orb.
Puzosianus, d'Orb.
Morrisii, Sharpe.
elegans, d'Orb. ?
intermedius, Pict. et C.

GASTÉROPODES.

Avellana
inflata, d'Orb.
subincrassata, d'Orb.
Valdensis, Pict. et C.
Cerithium
excavatum, Brong.
Indét.
Natica
gaultina, d'Orb.
Narica
Indét.
Pleurotomaria
Carthusiæ, Pict. et R.
regina, Pict. et R.
Thurmanni, Pict. et R.
Trochus
Nicoletianus, Pict. et R.
Tollotianus, Pict. et R.
conoïdeus, Pict.
Solarium
triplex, Pict. et R.
Tyngryanum, Pict. et R.
dentatum, d'Orb.
moniliferum, Mich.
Aporrhaïs
obtusa, Pict. et C.
Pterocera
retusa, Sow.
Fusus
Dupinianus, d'Orb.
Dentalium
Indét.

LAMELLIBRANCHES.

Panopæa
Sabaudiana, Pict. et R.
Pholadomya
Genevensis, Pict. et R.
Thracia
Alpina, Pict. et R.
rotunda, Pict. et R.
Indét.

[1] La *Turrites costatus* appartient complétement à la faune rotomagienne. C'est, nous croyons, la première fois qu'elle est citée dans une couche où a été trouvée l'*A. milletianus !*

Venus
Indét.
Thetis
Genevensis, Pict. et R.
Cardium
Raulinianum. d'Orb.
Isocardia
crassicornis, d'Orb.
Corbis
gaultina, Pict. et R.
Trigonia
alæformis, Park.
Arca
carinata, Sow.
Nucula
Neckeriana, Pict. et R.
ovata, Mantell.
pectinata, Sow.
Mytilus
Giffreanus, Pict. et R.
Orbignyanus, Pict. et R.
Inoceramus
sulcatus, Park.
concentricus, Park.

ECHINODERMES.

Holaster
lævis, Agass.
Perezii, Agass.
Hemiaster
minimus, Desor.
Discoïdea
rotula, Agass.
conica, Dem.
Galerites
Castanea.
Peltastes
Studeri.

Récapitulation des genres et des espèces.

	Genres.	Espèces.
Céphalopodes	8	39
Gastéropodes............	11	18
Lamellibranches	13	17
Echinodermes	5	7
	37	81

LA WANNEN-ALP.

GÉOLOGIE. — Les Alpes de Schwytz sont riches en terrains crétacés et tertiaires, parmi lesquels les étages albien et nummulitique sont très-fossilifères et par là même fort intéressants.

Terrains crétacés. — La série commence comme aux Vergy, par l'étage *urgonien* qui se présente toujours sous forme d'une roche très-dure avec caractères ordinaires. Nous avons recueilli dans les rochers *urgoniens* de la Guggeren-fluh qui dominent Waagen au nord-est d'Yberg, des *caprotines* et des coraux très-bien conservés et en assez grande quantité.

L'étage aptien, qui n'affleure que dans un seul endroit, aux environs d'Yberg, se montre à la Wannen-Alp. Il s'y présente sous la forme d'un calcaire dur, grisâtre, pétri d'huîtres et de térébratules (*T. Moutoniana*), très-différent de celui de la Goudinière.

Le gault est très-répandu autour d'Yberg; nous l'avons constaté en plusieurs endroits de la Wannen-alp; il se trouve également à la Käsern-alp, montagne adjacente, où il présente quatre gisements principaux, le Pfannenstöckli, le Drusberg, le Forstberg et le Twäriberg. Dans ces trois dernières localités, il est à l'état de conglomérat dur et rocheux, tandis qu'à la Wannen-alp et au Pfannen-Stöckli, sa composition minéralogique est plus complexe; on peut distinguer: 1° un grès dur grisâtre, qui contient peu ou point de fossiles; 2° une argile à grains verts, solidifiée par places et pétrie d'*Inoceramus concentricus*; 3° par-dessus, une terre argileuse brune de deux à trois pieds d'épaisseur qui renferme un grand nombre de fossiles. — Au Gurgeltobel, le gault est entièrement rocheux et assez fossilifère; on y a trouvé une *Am. regularis*, une *A. mamillaris*, une *A. latidorsatus*.

Le *Seever-kalk* est, comme on le sait, le représentant de la craie dans l'est de la Suisse. C'est un calcaire noirâtre très-ondulé, schisteux dans certains endroits, plus

compacte dans d'autres; il existe à la Wannen-alp, au Gurgeltobel, etc.

Terrains tertiaires. — Le terrain *nummulitique*, dont on peut dans plusieurs localités observer la superposition directe au Seewer-kalk, présente, aux environs d'Yberg, l'apparence d'un grès bleu-verdâtre, pétri de nummulites de toutes les dimensions. Le plateau de Gschwend en est entièrement formé; il est très-fossilifère à Steinbach, dans la vallée de la Sihl et au Sonnenberg au-dessus du Waag; nous l'avons constaté encore au haut de la Wannen-alp; en un mot, ce terrain est de beaucoup le plus répandu dans cette contrée. — A Steinbach, nous avons pu distinguer dans son épaisseur trois couches de composition minéralogique différente: 1° en bas, une couche de *grès jaunâtre* pétri de grandes nummulites; 2° un grès vert, presque noir, très-dur et rempli de fossiles de toute espèce, de gastéropodes surtout; nous y avons reconnu des cônes, des murex, des rostellaires, des cerithium, des bulles, etc.; 3° un *calcaire bleuâtre,* sans fossiles, d'une assez grande épaisseur.

Le terrain nummulitique est recouvert, en beaucoup d'endroits et surtout dans le fond de la vallée, par le *flysch*, calcaire très-marneux, qui se délite en paillettes minces couvertes d'empreintes de *fucoïdes*.

Nous avons visité vers la source du Glastobel, affluent du Gurgeltobel, un très-grand gisement de gypse, qui repose immédiatement sur le calcaire[1] nummulitique; il y a même, en certains endroits, des veines et des infiltrations de sulfate de chaux dans le calcaire nummulitique; en sorte que dans certaines places il passe à l'état d'albâtre. Ce gisement de gypse tertiaire, signalé déjà par M. le

prof. Escher de Zurich, est intéressant par le fait que, dans ces dernières années, beaucoup de gypses de la Suisse ont été rangés dans la période du trias. Ce dépôt est grand et pourrait facilement être exploité. On voit au milieu du gypse une source minérale très-sulfureuse et probablement ferrugineuse.

PALÉONTOLOGIE. — La couche supérieure du gault de la Wannen-alp présente une curieuse association d'espèces, assez semblable à celle de la Goudinière. Cette couche est composée d'une terre argileuse brunâtre, qui atteint deux à trois pieds dans sa plus grande épaisseur, et qui recouvre une couche d'argile à grains verts ne contenant que des *Inoceramus concentricus*; les grès durs inférieurs ont, comme nous l'avons dit, peu ou point de fossiles. La couche supérieure est donc la seule qui doive en ce moment nous occuper. Elle affleure sur un espace très-restreint et a été exploitée, depuis quinze ans par un montagnard des environs, de sorte que nous n'avons pas trouvé beaucoup de fossiles en place. Nous avons pu toutefois recueillir quelques hamites et une *Ammonites Mayorianus*, qui se trouvait dans la partie inférieure sur l'argile à Inocérames. Les fossiles que cet homme avait encore chez lui et ceux qu'il avait envoyés au Musée de Zurich[1], nous ont permis de faire un catalogue sinon complet, du moins exact de cette faune intéressante. On pourra voir par là que dans une couche de 80 centimètres à peine, on a trouvé ensemble l'*Ammonites*

[1] L'un de nous s'est rendu à Zurich pour prendre les noms de ces fossiles dont la localité avait été indiquée avec grand soin par le Schwytzois et qui ont été ensuite déterminés par M. le prof. Pictet.

inflatus, l'*A. Mayorianus*, l'*A. Velledæ*, l'*A. Beudanti*, l'*A. Milletianus*, l'*Hamites attenuatus*, l'*Anisoceras Saussureanus*, plusieurs *Turrilites*, la *Pleurotomaria Gibsii*, le *Solarium Hugianum*, etc., etc. La Wannen-alp est donc un nouvel exemple du mélange des faunes albiennes, puisque les espèces que nous venons de citer sont parmi les plus caractéristiques des trois périodes du gault. Ce fait ne semble d'ailleurs pas être isolé dans les Alpes de Schwytz, puisque au Pfannen-stöckli, l'*Ammonites inflatus* a été aussi trouvée avec l'*Ammonites Milletianus*.

CATALOGUE DES FOSSILES DE LA WANNEN-ALP.

CÉPHALOPODES.

Nautilus
- Bouchardianus, d'Orb.
- Clementinus, d'Orb.

Ammonites
- Agassizianus, Pict.
- Beudanti, Brug.
- Bouchardianus, d'Orb.
- Candollianus, Pict. et R.
- cristatus, Sow.
- Deluci, Brong.
- Dupinianus, d'Orb.
- inflatus, Sow.
- latidorsatus, Mich.
- mamillaris, Schloth.
- Martini, d'Orb.
- Mayorianus, d'Orb.
- Milletianus, d'Orb.
- nodosocostatus, d'Orb.
- Timotheanus, d'Orb.
- varicosus, Sow.

Ammonites
- Velledæ, Mich.

Ancyloceras
- Blancheti, Pict. et C.

Hamites
- attenuatus, Sow.
- virgulatus, d'Orb.

Anisoceras
- Saussureanus, Pict.

Ptychoceras
- gaultinus, Pict.

Baculites
- Gaudini, Pict. et C.

Helicoceras
- Robertianus, d'Orb.
- gracilis, d'Orb. ?

Turrilites
- elegans, d'Orb.
- Vionneti, Pict. et C.

GASTÉROPODES.

Scalaria
Dupiniana, d'Orb.
Natica
gaultina, d'Orb.
Genevensis, Pict.
Pleurotomaria
Gibsii, Sow.
Turbo
Pictetianus, d'Orb.
Solarium
Hugianum, Pict. et R.
Martinianum, d'Orb.
Pterocera
retusa, Fitt.
Rostellaria
Parkinsoni, Sow.
Dentalium
Rhodani, Pict. et R.

LAMELLIBRANCHES.

Pholadomya
Genevensis, Pict. et R.
Inoceramus
concentricus, Park.
sulcatus, Park.

ECHINODERMES.

Micraster
minimus, Agass.
Catopygus
cylindricus, Desor.

Récapitulation des genres et des espèces.

	Genres.	Espèces.
Céphalopodes	9	29
Gastéropodes	8	10
Lamellibranches	2	3
Echinodermes	2	2
	21	44

CONCLUSION.

Nous venons de constater dans les Alpes le mélange de deux faunes du gault, mais ce fait n'est pas spécial à l'époque albienne. Il a déjà été observé dans d'autres pé-

riodes géologiques. Il demande par conséquent une explication générale et rationnelle. La science n'est pas encore fixée sur ce point difficile et nous n'avons pas la prétention d'avancer ni une idée nouvelle ni une idée inattaquable. Mais ces mélanges que nous venons de signaler ne peuvent-ils pas s'expliquer au moyen des migrations ou du déplacement des animaux marins? Par une étude attentive de ce qui se passe dans les mers actuelles, on a vu que les conditions extérieures jouent un rôle immense dans la distribution géographique des espèces. Certaines espèces ne peuvent se développer que dans une température invariable, tandis que d'autres supportent des variations plus ou moins considérables. Certaines espèces sont pélagiques, et d'autres, étant littorales, vivent à de petites profondeurs. Il est des espèces qui restent enfouies dans la vase, tandis que d'autres se développent sur un sol pierreux. En un mot, chaque espèce a un genre de vie qui lui est propre et qui est lié avec le milieu où elle se trouve. Supposons que par une cause quelconque, telle qu'une modification dans le niveau relatif de la mer et de la terre, ce milieu vienne à changer, les espèces doivent périr ou émigrer. Il est évident qu'elles ne prendront ce dernier parti que si les circonstances le leur permettent; dans ce cas seulement la migration aura lieu. Pourquoi ces causes de modifications n'auraient-elles pas agi à différentes époques? Et en particulier à l'époque du gault? Le niveau relatif des terres et des mers n'a-t-il pas été soumis à de fréquentes oscillations, lentes et brusques, pendant les temps géologiques? Par conséquent on peut admettre les migrations anciennes, et le mélange des faunes dont nous avons parlé nous paraît pouvoir trouver une explication dans le fait d'une faune émigrante venant se fixer dans une région nouvelle.

EXPLICATION DES FIGURES.

Fig. I. Coupe de la chaîne des Vergy à la Goudinière. Cette coupe n'indique les différentes hauteurs que d'une manière approximative. Son échelle est sans rapport avec celles des figures suivantes.

Fig. II. Plan du pré de la Goudinière. — Au sud et au sud-est, escarpement aptien. — Au nord, l'escarpement de la craie domine le pré. — Le gisement de gault occupe l'espace intermédiaire. Nous y avons creusé différentes tranchées. — La tranchée I nous a donné beaucoup de fossiles; nous l'avons poussée jusqu'à l'aptien. Les tranchées II et III nous en ont fourni fort peu; IV nous en a donné une assez grande quantité; V un ou deux échantillons seulement. — L'emplacement indiqué par la lettre C en a fourni antérieurement une grande abondance.

Fig. III. Coupe à $^1/_{25000}$ des vallées du Gurgertobel et Twingetobel (canton de Schwytz, voir la carte fédérale). Cette coupe n'est pas prise suivant une ligne droite. Partant de Hausegg, elle passe par la Mineralquelle, Gschwand, l'extrémité de la Guggernfluh et Waagen, d'où elle se dirige en ligne droite à la Wannen-alp (ou Vamistock).

EXPOSÉ DU SECOND PRINCIPE

DE LA

THÉORIE MÉCANIQUE DE LA CHALEUR

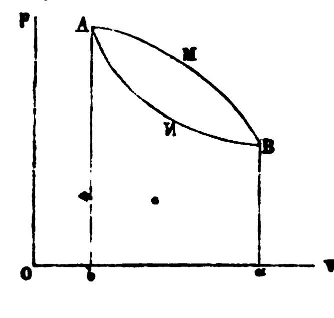
PAR

M. ARTHUR ACHARD,

Ingénieur.

Nous représentons, suivant l'usage, les variations qu'un corps éprouve sous l'influence de la chaleur, par une courbe ayant pour abscisse le volume v du kilogramme de ce corps, exprimé en mètres cubes, et pour ordonnée sa force expansive ou pression p exprimée en kilogrammes par mètre carré. Cette courbe se nomme *ligne thermique.*

Fig. 1.



Si un corps quelconque, sous l'influence de la chaleur qu'on lui applique, se dilate du volume $v_0 = \overline{Oa}$ au volume $v_1 = \overline{Ob}$, en surmontant une résistance constamment égale à sa force expansive, et

suivant la courbe AMB, il accomplit un travail

$$\int_{v_0}^{v_1} pdv = \text{aire } a\text{AMB}b$$

qui peut être l'exact équivalent de la chaleur dépensée. Mais pour que la production de travail soit continue, il faut que le corps revienne à son état initial; et pour cela, il faut le comprimer du volume v_1, au volume v_0, suivant la courbe BNA, en dépensant un travail

$$\int_{v_1}^{v_0} pdv = \text{aire } a\text{ANB}b$$

et par suite en dégageant une certaine quantité de chaleur. Au bout de la période on n'aura obtenu en définitive que la différence entre le travail obtenu d'abord et le travail dépensé ensuite, différence égale à l'aire AMBNA.

Pour que cette différence soit *positive*, c'est-à-dire représente un travail *obtenu*, il faut que, pour chaque valeur de v, comprise entre v_0 et v_1, l'ordonnée p de la courbe ANB, soit plus petite que celle de la courbe AMB. Or, pour une même valeur de v, p est d'autant plus grand que la température est plus élevée. Ainsi donc, pour une même valeur de son volume, le corps doit avoir une température moins élevée lorsqu'il est comprimé que lorsqu'il est dilaté.

La chaleur dégagée pendant la compression ne reste pas dans le corps, puisque celui-ci revient à son état initial; mais elle doit être reçue par un réservoir ou

source de chaleur dont la température, d'après ce qui vient d'être dit, est nécessairement inférieure à la température du réservoir ou de la source où la chaleur est empruntée pendant la dilatation. La chaleur acquise par la première de ces sources y est, en réalité, *transportée* de la seconde, en passant par le corps successivement dilaté et comprimé; et l'on peut dire qu'elle est transportée d'une source de chaleur possédant une certaine température à une autre source possédant une température plus basse.

La chaleur transportée de la source supérieure à la source inférieure ne forme qu'une partie de la chaleur empruntée à la première. La différence est précisément la chaleur transformée en travail, c'est-à-dire détruite.

Ainsi pour obtenir, par l'application de la chaleur à un corps, une production périodique de travail, il faut que ce corps subisse d'une manière continue un cycle [1] d'opérations; et la transformation de chaleur en travail qui a lieu pendant chaque cycle est nécessairement accompagnée d'un transport de chaleur. C'est cette vérité qu'on nomme improprement le second principe de la théorie mécanique de la chaleur.

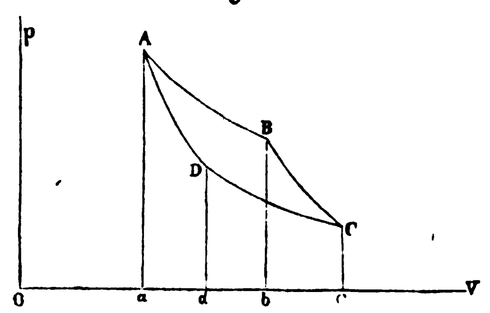
2. Les idées qui précèdent acquerront plus de netteté si nous nous attachons d'abord à un cas particulier que M. Clausius [2] a traité à fond, et dont l'importance apparaîtra plus tard : celui où le corps, par l'intermédiaire duquel la chaleur se transforme périodiquement

[1] M. Clausius désigne par le terme expressif de *Kreisprocess* toute série de modifications prenant un corps dans un état physique déterminé et finissant par l'y ramener. C'est ce terme que nous traduirons, faute de mieux, par *cycle*.

[2] Voyez le mémoire intitulé : *Ueber die bewegende Kraft der Wærme*, Pogg. Annalen, t. LXXIX.

en travail, parcourt un cycle que j'appellerai le *cycle de Carnot*, et qui se compose des opérations suivantes :

Fig. 2.



1° Dilatation AB à la température constante t_1;

2° Dilatation BC sans addition ni soustraction de chaleur. La température s'abaisse à t_2;

3° Compression CD à la température constante t_2;

4° Compression DA sans addition ni soustraction de chaleur, jusqu'à ce que la température redevienne t_1. La 3me opération doit être réglée de telle sorte que la 4e ramène le corps à son état initial, c'est-à-dire que la courbe partant de D se termine au point de départ A.

Le cycle accompli, un travail W, égal à l'aire ABCDA, se trouve définitivement obtenu. Pendant les opérations 2 et 4 il n'y a, par hypothèse, ni chaleur absorbée, ni chaleur dégagée. Mais, pendant la 1re opération, le corps qui subit les opérations et que j'appellerai le corps X, doit emprunter à une source de chaleur, à t_1, une certaine quantité de chaleur H_1, tandis que pendant la troisième opération le corps X cède à une source de chaleur, à t_2, une certaine quantité de chaleur H_2. En vertu de la théorie de l'équivalent mécanique, on a rigoureusement :

$$H_1 - H_2 = W$$ [1]

W est la chaleur détruite et transformée en travail;

H_2 est la chaleur transportée de la source supérieure à la source inférieure;

H_1 est la chaleur dépensée.

Si l'on effectuait le cycle dans le sens ADCBA, le travail W = aire ABDA, au lieu d'être obtenu, serait dépensé et transformé en chaleur; la chaleur H_2 serait transportée de la source inférieure à la source supérieure. Leur somme, c'est-à-dire H_1, serait acquise par celle-ci.

3. Maintenant quelle relation existe-t-il entre la chaleur transformée W, et la chaleur transportée H_2?

Partons de ce principe que *la chaleur ne peut pas être transportée d'un corps à un autre plus chaud, sans qu'un phénomène inverse ou bien une dépense de travail ait lieu simultanément.*

Supposons que, les limites de température t_1 et t_2 demeurant les mêmes, le cycle de Carnot soit appliqué.

1° A un corps X, en donnant lieu à la transformation de la chaleur W et au transport de la chaleur H_2;

2° A un autre corps Y, en donnant lieu à la transformation de la chaleur W', et au transport de la chaleur H'_2.

Soient *m* et *n* deux nombres entiers, tels que :

$$\frac{W'}{W} = \frac{m}{n}$$

[1] Pour plus de simplicité nous supprimons partout le symbole de l'équivalent mécanique en supposant les quantités de chaleur exprimées en kilogrammètres. Cela revient à représenter par 424 la chaleur spécifique de l'eau à son maximun de densité.

Faisons subir au corps X m fois le cycle direct, nous aurons obtenu ainsi le travail mW et transporté la chaleur mH_2 de la source supérieure à la source inférieure; puis faisons subir au corps Y n fois le cycle inverse; nous aurons dépensé le travail nW' et transporté la chaleur nH'_2 de la source inférieure à la source supérieure. Au bout de cette double série de cycles, les travaux obtenus et dépensés se compensent rigoureusement, puisque $mW = nW'$. Il est donc impossible que la source supérieure ait acquis de la chaleur aux dépens de l'autre. Donc on n'a pas : $mH_2 < nH'_2$.

En supposant que le corps Y subisse n cycles directs, puis le corps X m cycles inverses, on montrerait de même que l'on n'a pas : $mH_2 > nH'_2$.

Par conséquent :

$$m\,H_2 = n\,H'_2.$$

D'où :

$$\frac{H'_2}{H_2} = \frac{m}{n} = \frac{W'}{W}.$$

Ou bien :

$$\frac{H'_2}{W'} = \frac{H_2}{W}. \qquad (1)$$

Dans ce qui précède les corps X et Y sont censés quelconques quant à leur nature propre et quant à leur volume et à leur pression. De plus, les variations de volume et les variations de pression correspondant aux cycles que ces corps subissent respectivement, ont des amplitudes qui n'ont pas été supposées égales. Les températures t_1 et t_2 ont seules été spécifiées et sont les mêmes pour ces deux corps. Ainsi donc :

Entre des limites données de température, le rapport entre la chaleur transportée et le travail obtenu, dans le

cycle de Carnot,[1] *est constant, quelle que soit la nature du corps qui parcourt le cycle et son état physique.*

Ou en d'autres termes : *Ce rapport n'est fonction que des limites de température et cette fonction est la même pour tous les corps.*

Ces proportions sont vraies pour le rapport entre la chaleur *dépensée* et le travail obtenu ; car, puisque l'on a, en vertu du principe fondamental de la théorie :

$$H_1 = H_2 + W \; ; \; H'_1 = H'_2 + W'$$

la proportion (1) entraîne celle-ci :

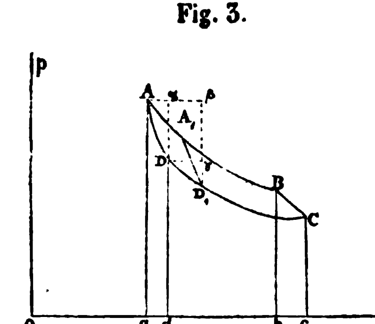
$$\frac{H_1}{W} = \frac{H'_1}{W'} \qquad (2)$$

C'est à dessein que nous appelons H_1 la chaleur *dépensée* ; car cette chaleur étant en partie détruite, en partie accumulée dans un réservoir de chaleur à t_2 est irrévocablement perdue pour le réservoir à $t_1 > t_2$, et par suite ne pourra pas être employée à produire du travail dans un des cycles subséquents. C'est pour cette raison que le rapport $\frac{W}{H_1}$ se nomme le *coefficient économique* d'une machine réalisant le cycle proposé.

4. Considérons maintenant un cycle de Carnot dans

[1] Nous disons *dans le cycle de Carnot*, car on a supposé que toute la chaleur H_1 était appliquée au corps à la température supérieure, et toute la chaleur H_2 cédée par lui à la température inférieure, et ce cycle est le seul où cette condition soit réalisée.

Fig. 3.



lequel la variation de température due à la compression ou à la dilatation, soit infiniment petite. Les courbes AB et DC sont alors infiniment rapprochées et le travail obtenu en un infiniment petit du 1er ordre dW = aire ABCD. A mesure que les températures t_1 et t_2 tendent vers leur limite commune t, les quantités de chaleur H_1 et H_2 tendent vers une limite commune H. Nous avons en vertu de ce qui a été dit au § précédent :

$$\frac{W}{H} = f(t_1, t_2)$$

la fonction f s'annulant pour $t_1 = t_2$, car il est manifeste que si les deux sources de chaleur ont des températures égales, il n'y a pas de travail obtenu. Posons pour un moment : $t_1 - t_2 = \Delta t$; nous aurons :

$$\frac{W}{H} = f(t_2 + \Delta t, t_2) = f(t_2, t_2) + \frac{d\, f(t_2, t_2)}{dt_2} \Delta t + \frac{d^2 f(t_2, t_2)}{dt_2} \frac{\Delta t^2}{2} + \text{etc.}$$

ou bien, puisque $f(t_2, t_2) = 0$, d'après ce qui vient d'être dit

$$\frac{W}{H} = \frac{d.f_1(t_2, t_2)}{d\,t_2} \Delta t + \frac{d^2 f(t_2, t_2)}{d\,t_2} \frac{\Delta t^2}{2} + \text{etc.}$$

ou :

$$\frac{W}{H} = \frac{d f_1(t_2)}{dt} \Delta t + \frac{d^2 f_1(t_2)}{dt^2} \frac{\Delta t^2}{2} + \text{etc.}$$

Si nous supposons que Δt décroisse indéfiniment, comme H reste constant, le premier membre tendra vers la quantité :

$$\frac{dW}{H} \text{ ou } \frac{dH}{H}$$

le second membre tendra vers

$$\frac{d f_1(t)}{dt} dt$$

La dérivée

$$\frac{d f_1(t)}{dt}$$

se désigne par μ et se nomme *fonction de Carnot.*

Ainsi nous aurons à la limite :

$$\frac{dH}{H} = \mu\, dt$$

et en intégrant :

$$H = K e^{\int \mu\, dt} = K \varphi(t) \qquad (3)$$

La fonction μ, étant la même pour tous les corps, peut être déterminée par l'étude d'une classe particulière de corps. Les gaz permanents, dont les propriétés sont les plus simples et les mieux connues, permettent de la déterminer.

Les limites de température, t et $t+dt$, demeurant les mêmes, si nous supposons que la variation de volume devienne infiniment petite, μdt continuera à exprimer le

rapport entre la chaleur transformée en travail et la chaleur dépensée ou transportée. La première est un infiniment petit du second ordre représenté par l'aire

$$\mathrm{AA_1D_1DA} = \text{rectangle } \mathrm{D}\alpha\beta\gamma = \mathrm{D}\overline{\alpha} \times \mathrm{D}\overline{\gamma} = \left(\frac{dp}{dt}\right) dt \times dv\,;$$

la seconde est un infiniment petit du premier ordre :

$$\left(\frac{d\mathrm{H}}{dv}\right) dv.$$

On a donc :

$$\frac{\left(\frac{dp}{dt}\right) dt \,.\, dv}{\left(\frac{d\mathrm{H}}{dv}\right) dv} = \mu\, dt \quad \text{ou :} \quad \frac{\left(\frac{dp}{dt}\right)}{\left(\frac{d\mathrm{H}}{dv}\right)} = \mu\,. \qquad (4)$$

Dans le cas d'un gaz permanent le travail intérieur est nul, et comme H se rapporte à des variations de volume qui ont lieu à température constante, nous avons :

$$\left(\frac{d\mathrm{H}}{dv}\right) dv = \text{travail extérieur} = p\,dv, \text{ c'est-à-dire} \left(\frac{d\mathrm{H}}{dv}\right) = p.$$

Les lois de Mariotte et de Gay-Lussac donnent :

$$p = \frac{\mathrm{R}\,(a+t)}{v},$$

a étant l'inverse du coefficient de dilatation, c'est-à-dire 273, et R une constante ; donc :

$$\frac{d\mathrm{H}}{dv} = \frac{\mathrm{R}\,(a+t)}{v}. \quad \frac{dp}{dt} = \frac{\mathrm{R}}{v}.$$

et en substituant ces valeurs dans l'équation (4) on trouve :

$$\mu = \frac{1}{a+t} \qquad (5)$$

Telle est la valeur de la fonction de Carnot. Alors l'équation (3) devient simplement :

$$H = K\ (a + t). \tag{3a}$$

Le facteur K introduit par l'intégration est une quantité dont nous pouvons dire qu'elle est indépendante de t, mais rien de plus.

Pour tirer parti de la valeur de μ, on est réduit à faire des hypothèses sur K. M. Zeuner[1] considère K comme une constante propre à chaque corps. Alors en revenant au cycle de Carnot d'amplitude finie, nous trouvons les relations très-simples.

$$\frac{H_2}{H_1} = \frac{a + t_2}{a + t_1}, \quad \frac{W}{H_2} = \frac{t_1 - t_2}{a + t_2}, \quad \frac{W}{H_1} = \frac{t_1 - t_2}{a + t_1}. \tag{6}$$

5. Nous allons continuer d'étudier la question du transport de chaleur dans un cycle en suivant les recherches de M. Macquorn Rankine, et nous commencerons par indiquer le point de départ de ce physicien.

Si un corps quelconque, auquel on applique de la chaleur, est libre de se dilater, la chaleur qui lui est appliquée, et qu'on nomme la *chaleur totale*, se compose de deux parties : 1° la *chaleur latente*, qui est détruite en donnant lieu à une somme équivalente de travaux intérieurs et extérieurs ; 2° la *chaleur actuelle* ou *thermométrique*, dont l'effet est d'élever la température du corps et qui persiste comme chaleur[2].

[1] Voyez le chap. I de son ouvrage intitulé : *Grundzüge der mechanischen Wærmetheorie*. Cette hypothèse n'est pas énoncée explicitement.

[2] Quand il est question de la chaleur *contenue* dans un corps, il ne peut être question que de chaleur actuelle.

La *chaleur actuelle totale* contenue dans un corps à la température t^o est la somme des quantités de chaleur actuelle qu'il faudrait appliquer à ce même corps, supposé entièrement dépourvu de chaleur, pour l'amener à avoir la température t^0.

Maintenant qu'est-ce que la température? C'est la manifestation de la tendance qu'ont les corps à se céder mutuellement de la chaleur soit par rayonnement, soit par conductibilité. La tendance de la chaleur à passer d'un corps à un autre est la seule définition que nous puissions donner de l'inégalité de leurs températures.

Nous dirons donc que deux corps sont à des températures égales, quand aucun d'eux ne tend à céder de la chaleur à l'autre. Il suit de là que tous les corps entièrement dépourvus de chaleur ont la même température; car, s'il en était autrement, l'un d'eux tendrait à céder de la chaleur à l'autre, ce qui est impossible, puisque ni l'un ni l'autre n'en contiennent. Cette température, commune à tous les corps entièrement dépourvus de chaleur, se nomme le *zéro absolu*.

A partir de ce point, on peut concevoir une échelle de température, dans laquelle la grandeur absolue des degrés est tout à fait arbitraire, mais dressée de telle sorte que, à chaque degré, corresponde un accroissement constant dans la chaleur actuelle d'un corps donné. Soit Q la chaleur actuelle totale d'un corps dont la température mesurée sur cette échelle est τ, et k l'accroissement constant de chaleur actuelle correspondant pour ce corps à chaque degré de cette échelle. Nous aurons en vertu de la définition ci-dessus :

$$Q = k\,\tau. \qquad (7)$$

La constante k propre à chaque corps se nomme la *chaleur spécifique vraie.*

Ce mode de graduation conduit nécessairement à une échelle de température commune à tous les corps. Soient, en effet, A et B deux substances homogènes ayant respectivement pour chaleurs spécifiques vraies k_a et k_b. Supposons que 1 kilog. de A et 1 kilog. de B, étant en contact et en équilibre de température, contiennent respectivement les chaleurs actuelles totales Q_a et Q_b. Si nous appelons τ leur température commune, nous aurons :

$$\tau = \frac{Q_a}{k_a} = \frac{Q_b}{k_b} \qquad (8)$$

Ajoutons ensuite à A et à B supposés disjoints, respectivement n kilog. de la substance A et n kilog. de la substance B, ces poids additionnels étant supposés dépourvus de toute chaleur. Soient τ' la température qu'aura la substance A et τ'' celle qu'aura la substance B, après que l'équilibre de température se sera établi au sein de chacune d'elles. Nous aurons :

$$\tau' = \frac{Q_a}{(n+1)\,k_a} \qquad \tau'' = \frac{Q_b}{(n+1)\,k_b}$$

En vertu des équations (8) τ'' ne peut différer de τ' que si k_b a varié, ce qui est contraire à l'hypothèse. Donc $\tau''=\tau'$, ce qu'il fallait démontrer.

L'échelle de température ainsi définie, se nomme, en raison de son point de départ, qui est le zéro absolu, l'échelle *des températures absolues*; on pourrait aussi, en raison du mode de graduation, l'appeler l'échelle *des températures vraies*. Telle est la nouvelle définition de la

température à laquelle la théorie mécanique de la chaleur a conduit M. Rankine.[1]

Quant à la position du zéro absolu, si nous admettons, conformément à toute probabilité, qu'elle correspond à la température d'un gaz permanent entièrement dépourvu de force expansive, elle sera exprimée en degrés centigrades par $-a = -273°$, puisque en vertu des lois de Mariotte et de Gay-Lussac, on a $p = o$ par $t = -a$. Nous poserons donc :

$$\tau = a + t = 273 + t$$

6. M. Rankine admet, en outre, l'hypothèse suivante, à laquelle la détermination précédente du zéro absolu de chaleur est évidemment conforme :

La quantité de chaleur qui est détruite (ou, en d'autres termes, qui devient latente) par suite de la dilatation subie par un corps quelconque, est proportionnelle à la chaleur actuelle totale contenue dans ce corps.

Si l'on observe que les quantités de chaleur désignées par H_1, H_1, H_2, à propos du cycle de Carnot, ne se composent que de chaleur latente, puisqu'elles sont censées

[1] Les recherches publiées par M. Rankine dans le tome XX des *Transactions of the R. S. of Edinburgh*, sont consacrées au développement d'une hypothèse moléculaire qu'il a imaginée pour expliquer les phénomènes de chaleur. Dans un ouvrage didactique publié plus tard : *A manual of the steam engine and other prime movers*, 2e édition, page 306, il pose comme second principe de la thermodynamique la proposition suivante, qui est vraisemblablement l'équivalent ou la conséquence de cette hypothèse : *If the total actual heat of a homogeneous and uniformly hot substance be conceived to be divided into any number of equal parts, the effects of those parts in causing work to be performed are equal.* Puis dans l'énoncé analytique de cette proposition, il donne à entendre évi-

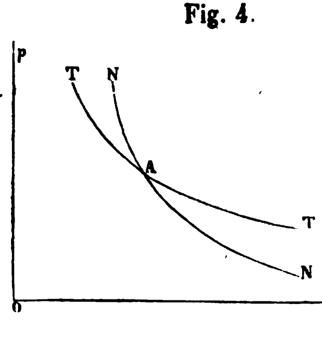
communiquées à un corps pendant que sa température ne varie pas, et si l'on tient compte des relations

$$Q = k\tau, \qquad a + t = \tau$$

on reconnaîtra sans peine que l'hypothèse que M. Zeuner a faite en supposant constant le facteur K, qui figure dans les équations (3) et (3a), est au fond identique avec celle que nous venons d'énoncer.

7. M. Rankine[1] donne aux lignes thermiques le nom de *lignes isothermes*: AT (fig. 4) quand les variations simultanées de volume et de force expansive qu'elles représentent ont lieu à température constante; et celui de *lignes adiabatiques* AN quand ces variations ont lieu sans addition ni soustraction de chaleur. Chaque point du plan des

Fig. 4.



demment que, dU étant le travail accompagnant une dilatation dv et Q étant la chaleur actuelle de l'unité de poids d'un corps, il considère

$$\frac{d.\,dU}{dQ}$$

comme indépendant de Q, et par suite dU comme proportionnel à Q. Si la chaleur devenue latente est empruntée au dehors et non au corps lui-même, Q reste constant et la proportionnalité s'étend à un travail fini.

Pour ces raisons, il m'a semblé qu'en vue des développements qui suivent, l'énoncé ci-dessus pouvait remplacer avec avantage celui de M. Rankine, d'autant plus que ce dernier contient des termes qui n'ont pas un sens parfaitement précis dans le langage mathématique.

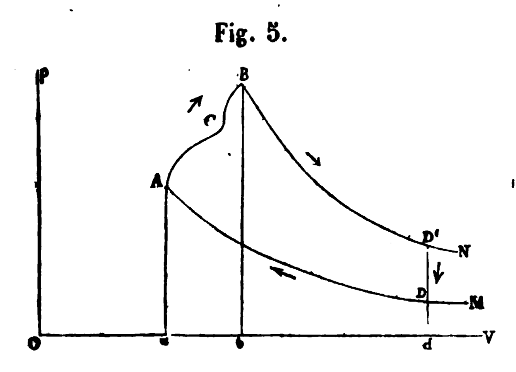
[1] Voyez dans les *Philosophical transactions of the R. S. of London*, 1854, le mémoire intitulé : *On the geometrical representation of the expansive action of heat*, etc.

axes Op et ov représente un état possible d'un corps déterminé, et par chacun on peut tracer une ligne isotherme et une ligne adiabatique. Les unes et les autres tournent leur convexité vers l'origine des coordonnées et ont les axes pour asymptotes communes. Mais, à mesure que l'abscisse croît, l'ordonnée d'une ligne adiabatique décroît plus rapidement que celle d'une ligne isotherme. Dans le diagramme (fig. 2), qui représente le cycle de Carnot, les courbes AB, CD sont isothermes et les courbes BC et DA sont adiabatiques.

Ces lignes jouissent de propriétés remarquables.

Soit ACB une courbe quelconque représentant les variations d'un corps passant de l'état représenté par les coordonnées de A à celui représenté par les coordonnées de B. Traçons par A et B les lignes adiabatiques AM et BN, et à une certaine distance de l'origine menons l'ordonnée D'Dd qui coupe AM en D et BN en D'. Enfin soit H la cha-

Fig. 5.



leur totale correspondant au passage de l'état A à l'état B et h celle qui correspond au passage de l'état D à l'état D'. Imaginons que le corps partant du point A parcoure le cycle ACBD'DA qui comprend les périodes suivantes:

PÉRIODES.		CHALEUR.	TRAVAIL.
Courbe	ACB	H (appliq. au corps)	aire $aACBb$ (effectuée par le corps)
»	BD′	0	aire $bBD'd$ (id.)
Droite	D′D	h (cédée par le corps)	0
Courbe	DA	0	aire $dDAa$ (absorbé par le corps).

Le cycle achevé, on aura en définitive :

$$H - h = \text{aire ACBD}'\text{DA}.$$

Cela dit, supposons que l'abscisse correspondant à l'ordonnée $D'd$ augmente indéfiniment, nous aurons :

$$\lim. (H - h) = \lim. \text{ aire ACBD}'\text{DA}$$

ou, puisque Ov est une asymptote commune à AM et à BN :

$$H = \text{aire indéfinie ACBNMA}. \qquad (9)$$

Le résultat serait le même si le cycle était parcouru dans le sens NBCAM. Seulement la chaleur H serait cédée par le corps au lieu de lui être appliquée. Ainsi : *quand un corps passe d'un état à un autre, d'après une loi représentée par une courbe quelconque, la quantité de chaleur totale qui, en vertu de cette variation, est appliquée à ce corps ou est cédée par lui, est égale à l'aire comprise entre cette courbe et les deux lignes adiabatiques tracées par les extrémités de cette courbe et indéfiniment prolongées.*

Si la variation a lieu à température constante t_1, les

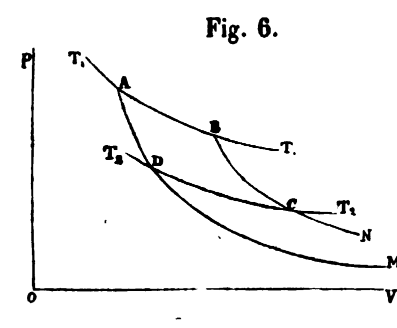


Fig. 6.

points A et B sont situés sur une même ligne isotherme T_1T_1, et la chaleur totale H_1 a pour valeur : aire MABN. De même si T_2T_2 est une ligne isotherme correspondant à la température t_2 et coupant AM et BN en D et C, la chaleur totale H_2 correspondant à la variation DC aura pour valeur : aire MDCN. Mais puisque les variations sont censées se faire à la température constante, la chaleur totale correspondante se réduit à la chaleur latente. Alors si nous désignons par Q_1 et Q_2 les chaleurs actuelles totales correspondant aux températures t_1 et t_2, nous aurons, en vertu de l'hypothèse de M. Rankine :

$$\frac{H_1}{H_2} = \frac{\text{aire MABN}}{\text{aire MDCN}} = \frac{Q_1}{Q_2} \qquad (10)$$

ou bien puisque :

$$Q = k\tau :$$

$$\frac{H_1}{H_2} = \frac{\text{aire MABN}}{\text{aire MDCN}} = \frac{\tau_1}{\tau_2}. \qquad (11)$$

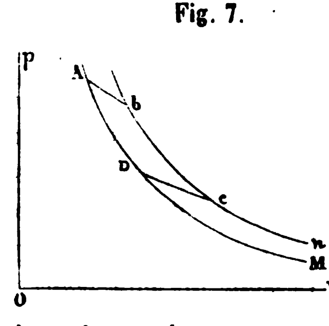
Il est aisé de voir que ABCD représente précisément le diagramme du cycle de Carnot, la chaleur H_1 étant appliquée au corps et H_2 étant cédée par lui. Alors on a :

$$\frac{W}{H_1} = \frac{H_1 - H_2}{H_1} = \frac{\tau_1 - \tau_2}{\tau_1} \quad \frac{W}{H_2} = \frac{H_1 - H_2}{H_2} = \frac{\tau_1 - \tau_2}{\tau_2} \quad (12)$$

Si nous remplaçons τ par sa valeur $a + t$ dans les équa-

tions (11) et (12), nous retrouverons précisément les équations (6).

Fig. 7.

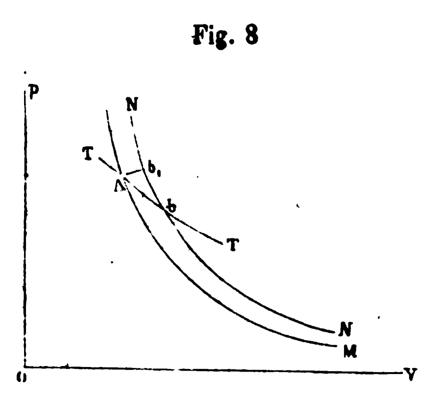


En vertu de ce qui a été dit soit au présent §, soit au § 3, les mêmes relations auront lieu pour un cycle de Carnot $AbcD$, dans lequel les températures $\tau_1 = a + t_1$ et $\tau_2 = a + t_2$ restant les mêmes, les variations de volume à température constante seraient infiniment petites, c'est-à-dire qui serait compris entre des lignes adiabatiques AM et bn infiniment voisines.

8. Par un point A représentant l'état d'un corps, traçons la courbe adiabatique AM ; traçons aussi la ligne adiabatique infiniment voisine NN. Soit sur cette dernière un point b_1 tel que Ab_1 fasse avec AM et EN des angles finis. La chaleur totale à appliquer pour le passage de l'état A à l'état infiniment voisin b_1 a pour valeur :

$$dH = \text{aire } MAb_1N.$$

Fig. 8



Traçons par A la courbe isotherme TT. Elle coupe NN en b. Les aires MAb_1N et $MAbN$ sont des infiniment petits du premier ordre et ne diffèrent que d'un infiniment petit du deuxième ordre

bAb_1. Par conséquent, on pourra écrire :

$$dH = \text{aire } MAbN.$$

Il en serait de même si le corps passait de l'état b_1 à l'état A. Seulement dH représenterait de la chaleur abandonnée par le corps. En résumé, la chaleur totale appliquée au corps dans son passage de A à b_1 ou cédée par lui dans son passage de b_1 à A, est la même que si la variation d'état était représentée par la ligne brisée Abb_1.

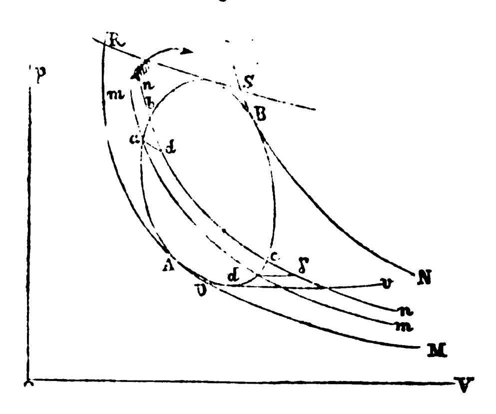
Cela étant, soient A et B deux états quelconques d'un corps et AB la courbe quelconque représentant la loi du passage de l'un à l'autre. Traçons les lignes adiabatiques extrêmes AM et BN, et par les points intermédiaires a_1, b_1, c_1, etc., de la courbe AB, traçons des lignes adiabatiques infiniment voisines les unes des autres ; enfin par les points A, a_1, b_1, c_1, etc., traçons les éléments de lignes isothermes Aa, a_1b, b_1c, c_1d, etc. La chaleur totale correspondant à la variation d'état AB est la même que celle qui correspondrait à une variation représentée par la ligne brisée $Aaa_1bb_1c\ldots.B$, puisque l'aire MABN qui la représente est la limite vers laquelle tend la somme des aires infinitésimales ma_1bn, nb_1cp, etc., à mesure que les intervalles Aa_1, a_1b_1, etc., décroissent indéfiniment. Cette chaleur totale, appliquée au corps quand celui-ci passe

Fig. 9.

de l'état A à l'état B, est cédée par lui quand il passe de l'état B à l'état A.

9. Nous pouvons maintenant nous rendre compte du transport de chaleur qui a lieu dans un cycle quelconque,

Fig. 10.



Soit ACBD la courbe fermée qui le représente. Parmi toutes les courbes adiabatiques qu'on peut tracer, il en est deux, AM et BN, dans lesquelles il est inscrit et qui lui sont tangentes respectivement en A et en B. Le sens dans lequel le cycle est parcouru étant indiqué par la flèche, nous savons que dans la partie ACB du cycle, le corps reçoit de la chaleur du dehors, tandis que dans la partie BDA, il en cède. Par conséquent, d'après les propositions établies, nous aurons :

Chaleur absorbée par le corps en ACB .... = aire MACBN
Chaleur cédée par le corps en BDC ou ch. transportée = aire MADBN
Chaleur transformée en travail = W............ = aire ACBD

$$\text{coefficient économique} \ldots = \frac{\text{aire ACBD}}{\text{aire MACBN}} \qquad (13)$$

Traçons deux courbes adiabatiques infiniment rappro-

chées *mm*, *nn*, interceptant sur le diagramme les arcs infiniment petits *ab* en ACB et *dc* en BDA. Traçons par *a* et *d* les éléments *aα* et *dδ* de courbes isothermes et soient τ_a et τ_d les températures absolues correspondantes. Soit dH_1 la chaleur appliquée au corps pour l'arc *ab* du diagramme et dH_2 la chaleur cédée par lui pour l'arc *cd*. D'après ce qui a été dit au commencement de ce paragraphe, nous avons :

$$\frac{dH_1}{dH_2} = \frac{\tau_a}{\tau_d} \qquad (14)$$

par conséquent :

$$dH_1 = A\tau_a \quad ; \quad dH_2 = A\tau_d .$$

Pour d'autres paires d'arcs infinitésimaux correspondants [1], nous aurions de même :

$$dH'_1 = B\tau'_a \qquad dH'_2 = B\tau'_d$$
$$dH''_1 = C\tau''_a \qquad dH''_2 = C\tau''_d$$

et ainsi de suite.

Appelons H_1 la chaleur totale appliquée au corps dans le cycle et correspondant à la portion ABC du diagramme, et H_2 la chaleur totale cédée par lui dans le cycle et correspondant à l'autre portion BDA, nous aurons :

$$H_1 = \Sigma\, dH_1 = A\tau_a + B\tau'_a + C\tau''_a + \text{etc.}$$
$$H_2 = \Sigma\, dH_2 = A\tau_d + B\tau'_d + C\tau''_d + \text{etc.}$$

Mais si nous tenons compte de la relation $Q = k\tau$ et si nous observons que les quantités de chaleur dH_1, dH_2,

[1] C'est-à-dire interceptés sur le diagramme par une même paire de courbes adiabatiques infiniment voisines.



dH'_1, etc., pouvant être considérées comme appliquées au corps ou cédées par celui-ci à des températures *constantes* τ_a, τ_d, τ'_a, etc., ne se composent que de chaleur latente, nous verrons que l'hypothèse énoncée au § 6 entraîne l'égalité des facteurs infiniment petits A, B, C, etc. Donc :

$$H_1 = A(\tau_a + \tau'_a + \tau''_a + \text{etc.}) = A.\Sigma\tau_a.$$
$$H_2 = A(\tau_d + \tau'_d + \tau''_d + \text{etc.}) = A.\Sigma\tau_d.$$

Nous avons par conséquent :

$$\frac{H_1}{H_2} = \frac{\Sigma\tau_a}{\Sigma\tau_d}$$

D'où nous déduisons pour le coefficient économique :

$$\frac{W}{H_1} = \frac{H_1 - H_2}{H_1} = \frac{\Sigma\tau_a - \Sigma\tau_d}{\Sigma\tau_a} = \frac{\Sigma(\tau_a - \tau_d)}{\Sigma\tau_a} = 1 - \frac{\Sigma\tau_d}{\Sigma\tau_a} \quad (15)$$

On voit ici l'importance spéciale qui s'attache au cycle de Carnot ; un cycle quelconque peut se décomposer en une infinité de cycles de Carnot analogues à celui de la fig. 7.

Désignons par τ_1 la plus élevée des températures par lesquelles le corps passe, tandis qu'il reçoit de la chaleur du dehors ; par τ_2 la plus basse de celles par lesquelles il passe, tandis qu'il en cède. Si toute la chaleur appliquée du dehors l'était à la température τ_1 et si toute la chaleur cédée l'était à la température τ_2, le cycle proposé se trouverait remplacé par un cycle de Carnot dont le diagramme RSUV serait circonscrit au diagramme proposé et auquel correspondrait le coefficient économique

$$\frac{\tau_1 - \tau_2}{\tau_1} = 1 - \frac{\tau_2}{\tau_1}$$

Soit n le nombre des zones pareilles à *abcd* dans lesquelles on suppose découpé le diagramme proposé.

Nous avons par hypothèse :

$$n\tau_1 > \Sigma\tau_a \qquad n\tau_2 < \Sigma\tau_d$$

Par conséquent :

$$\frac{\tau_2}{\tau_1} < \frac{\Sigma\tau_d}{\Sigma\tau_a}$$

et comme ces deux fractions sont inférieures à l'unité :

$$1 - \frac{\tau_2}{\tau_1} > 1 - \frac{\Sigma\tau_d}{\Sigma\tau_a}$$

Ainsi : *entre des limites données de température le coefficient économique atteint son maximum quand toute la chaleur appliquée au corps l'est à la limite supérieure et quand toute la chaleur cédée l'est à la limite inférieure.* En d'autres termes : *c'est au cycle de Carnot que correspond le coefficient économique maximum.*

Le coefficient économique est le rapport entre le travail produit (ou la chaleur détruite) par une machine calorique quelconque et la chaleur dépensée, pendant un nombre quelconque de coups de piston. Quels que soient le fluide moteur employé et la disposition de la machine, ce rapport ne pourra jamais excéder la limite

$$\frac{\tau_1 - \tau_2}{\tau_1} = \frac{t_1 - t_2}{273 + t_1}$$

et dans la pratique il ne l'atteindra jamais.

10. Reprenons l'équation (14). Elle peut s'écrire :

$$\frac{d\,H_1}{\tau_a} = \frac{d\,H_2}{\tau_d}$$

De plus, si nous désignons par dW l'élément *abcd* de l'aire ABCD qui représente le travail W obtenu dans le cycle, nous avons :

$$dH_1 - dH_2 = dW \qquad (15)$$

Jusqu'ici nous avons envisagé les quantités de chaleur par rapport à elles-mêmes ; alors peu importe qu'elles passent d'une source de chaleur au corps moteur ou *vice versâ*, leur signe est toujours le même. Mais il n'en sera plus de même si nous les envisageons par rapport au corps moteur qui les reçoit ou qui les cède, et si nous affectons du signe + celles qui sont appliquées à ce corps, nous sommes obligés d'affecter du signe — celles qu'il abandonne. Alors les équations ci-dessus deviendront, puisque dH_2 se trouve négatif :

$$\frac{dH_1}{\tau_a} + \frac{dH_2}{\tau_d} = 0 \qquad (14\,a)$$

$$dH_1 + dH_2 = dW \qquad (15\,a)$$

Et si nous ajoutons membre à membre les équations ainsi obtenues pour chacune des zones *abcd*, dans lesquelles on peut décomposer le diagramme, nous obtiendrons les équations :

$$\int \frac{dH}{\tau} = 0 \qquad (16)$$

$$\int dH = W. \qquad (17)$$

dH désignant, suivant son signe, la chaleur totale appli-

quée au corps ou cédée par lui, pour une variation d'état représentée par un arc infiniment petit du diagramme, τ étant la température absolue à laquelle cette quantité de chaleur a été communiquée ou cédée et le signe $\int$ s'étendant à tout le périmètre du diagramme. Nous avons ainsi retrouvé des relations que M. Clausius[1] avait découvertes par une voie toute différente.

L'équation (17) est d'une généralité absolue pour tout cycle; c'est la conséquence immédiate du principe de l'équivalent mécanique. Mais la loi si simple établie au § 3 étant basée sur la reversibilité du cycle, on peut soupçonner que l'équation (16), qui en est l'expression, n'est pas applicable au cas d'un cycle irréversible. Or, un cycle peut être rendu irréversible par deux genres de phénomènes dont l'absence a été implicitement supposée dans les prémisses qui ont servi à établir cette équation :

1° Le corps moteur, pendant la période d'acquisition de chaleur, est en contact avec des réservoirs de chaleur plus chauds que lui ; pendant la période de cession de chaleur il est en contact avec des réservoirs de chaleur plus froids que lui. La première de ces circonstances laisse intacte la somme des quantités de chaleur positives, tandis que la seconde augmente la somme de celles qui sont négatives.

2° Le corps moteur surmonte en se dilatant une pression extérieure inférieure à sa propre force expansive. Il en résulte que, pour une dilatation donnée, une moindre quantité de chaleur latente est requise. La somme des quantités de chaleur positives est donc diminuée, sans que celle des quantités négatives soit altérée.

[1] Voyez *Poggend. Annalen*, tome XCIII: *Ueber eine verænderte Form des zweiten Hauptsatzes der mechanischen Wærmetheorie.*

De l'ensemble de ces deux phénomènes, ou d'un seul d'entre eux, il résulte que dans

$$\int \frac{dH}{\tau}$$

la somme des termes négatifs dépasse celle des termes positifs, en sorte que, lorsqu'ils ont lieu, au lieu de

$$\int \frac{dH}{\tau} = 0$$

on a :

$$\int \frac{dH}{\tau} = -N. \qquad (18)$$

N'étant une quantité positive[1].

Quant au coefficient économique, ces deux phénomènes l'abaissent. Par suite du premier

$$\frac{W}{H_1} \text{ devient } \frac{W - \epsilon}{H_1}$$

par suite du second il devient :

$$\frac{W - \epsilon_1}{H_1 - \epsilon_1}.$$

[1] M. Clausius est arrivé au même résultat, dans le mémoire déjà cité. Seulement son équation est

$$\int \frac{dH}{\tau} = N$$

parce que, au lieu de rapporter les quantités de chaleur au corps moteur, il les rapporte à l'ensemble des réservoirs de chaleur.

Or, du moment que

$$\frac{W}{H_1} \text{ est } < 1, \text{ on a : } \frac{W - \varepsilon_1}{H_1 - \varepsilon_1} < \frac{W}{H_1}$$

Un cycle irréversible est donc nécessairement moins avantageux qu'un cycle reversible. Par malheur, ce dernier cas est purement idéal ; en effet, une machine calorique ne pourrait jamais marcher si la force expansive du fluide n'excédait pas un peu la pression résistante ; le second phénomène a donc lieu nécessairement. Au point de vue du premier phénomène, le cas du cycle de Carnot excepté, on ne pourrait assurer la réversibilité que par l'emploi des régénérateurs, appareils sur lesquels l'expérience ne semble pas avoir prononcé un verdict bien favorable.

BULLETIN SCIENTIFIQUE.

PHYSIQUE.

A. Krönig. Einfaches Mittel um... Procédé simple pour déterminer le lieu d'une image optique. (*Pogg. Ann.* 1864, n° 12, p. 655).

Quand deux points sont sur une même ligne visuelle ou du moins sur deux lignes ne faisant entre elles qu'un très-petit angle, on peut savoir lequel des deux points est le plus éloigné en déplaçant l'œil latéralement. Celui des deux points qui se déplace dans le même sens que l'œil est le plus éloigné.

Supposons en premier lieu qu'il s'agisse de déterminer le lieu exact d'une image objective, on se met au-delà de l'image de manière à la voir nettement, et on fixe une aiguille à un support que l'on place de façon à placer la pointe de l'aiguille à peu près dans l'image. Par le procédé que l'on vient de rappeler, on cherche si la pointe de l'aiguille est plus près ou plus loin de l'œil que le point correspondant de l'image, et on éloigne ou on rapproche le support jusqu'à ce que la coïncidence ait lieu.

S'il s'agit en second lieu d'une image subjective, on se servira comme point de repère de l'image subjective fournie par un miroir plan, image dont la position peut être considérée comme déterminée exactement par les lois de la réflexion. L'observateur se place de manière à voir l'image subjective, dont il veut établir le lieu, au travers d'une plaque de verre à faces parallèles, et derrière lui se trouve un point lumineux dont il voit l'image dans cette même plaque de verre. On établit la coïncidence de

l'image du point lumineux avec un point de l'image subjective, comme on le fait pour la pointe de l'aiguille et l'image objective, et la position de l'image subjective se trouve ainsi déterminée.

R. Bunsen. Thermo-Ketten von..... Éléments thermo-électriques d'une grande énergie. (*Pogg. Ann.* 1864, n° 11, p. 305.)

On sait que dans la série thermo-électrique, qui comprend toutes les substances dont la conductibilité est assez grande pour former un élément thermo-électrique, le bismuth est l'un des termes extrêmes, et l'autre est un alliage formé de deux parties d'antimoine et d'une d'étain. M. Bunsen a trouvé que la pyrolusite doit être placée dans cette série avant le bismuth et que la pyrite cuivreuse occupe un rang encore plus élevé. Un élément formé avec la pyrite et l'alliage mentionné ou mieux, pour pouvoir obtenir une élévation de température plus grande, avec la pyrite et du cuivre, donne un courant bien plus intense qu'aucun courant thermo-électrique obtenu jusqu'ici.

Une lame prismatique de pyrite de 70^{mm} de long, 40 de large et 7 d'épaisseur est prise à ses deux bouts dans deux pinces de cuivre platiné aplanties avec soin. L'une de ces pinces se termine par un prolongement en cuivre que l'on chauffe à la lampe, et l'on maintient l'autre pince à une température inférieure en la plongeant dans l'eau. Pour obtenir le courant, on place les deux pinces dans un circuit.

M. Bunsen a mesuré la force électro-motrice de cet élément et l'a comparée à celle d'un élément de Daniell, ayant une surface cuivre de 1 décim. carré, et chargé avec un mélange de 6 parties d'eau pour une partie d'acide sulfurique. En désignant par e et E, par r et R les forces électro-motrices et les résistances des deux éléments, on a trouvé ainsi pour quatre températures différentes :

$\frac{e}{E}$ égal à $\frac{1}{14.7}$, $\frac{1}{11.9}$, $\frac{1}{10.9}$ et $\frac{1}{9.7}$

et

$\frac{r}{R}$ égal à 0,74, 0,79, 0,72 et 0,72

Pendant l'expérience, la température de l'eau s'élève au-dessus de 60°, avant de se maintenir constante. Bien que la température de la pince qu'on chauffait ait dépassé celle de la fusion de l'étain, la pyrite n'a éprouvé aucune modification sensible. La pyrite se dilate plus que le cuivre, ce qui fait que la pince devenait lâche à une température élevée ; mais on pourra facilement remédier à cela au moyen d'une disposition où la pince fasse ressort et obtenir ainsi avec des températures plus élevées, une force électro-motrice encore plus considérable. On voit que dans la limite des températures employées, on a obtenu une force électro-motrice égale à dix fois celle d'un élément antimoine-bismuth, dont les températures sont 0 100 degrés. Une pile formée de dix de ces éléments donne tous les effets d'un couple de Daniell de 14 cent. carrés de surface de cuivre immergée.

La pyrite naturelle peut se fondre sans éprouver de décomposition, mais la fusion lui fait subir une modification qui la fait descendre bien au-dessous du bismuth dans la série thermo-électrique. Il faut donc se servir du minéral à l'état naturel, et on peut, du reste, le travailler facilement pour lui donner la forme voulue.

La pyrolusite combinée avec le platine donne un élément dont la force électro-motrice peut aller jusqu'à $^1/_{10}$ ième de celle d'un élément de Daniell. On a enroulé autour des deux extrémités d'un cylindre de pyrolusite de 6^{mm} de diamètre et de 50 de long, des fils de platine, et l'une des extrémités chauffée à la lampe, tandis que l'autre était maintenue dans l'eau froide ; on a trouvé que le rapport $\frac{e}{E}$ peut monter jusqu'à $\frac{1}{9,8}$, mais la résistance est assez considérable et r est égal à environ 18 fois R.

H. Buff. Ueber Ton-Erregungen durch..... Sur les sons produits par le courant électrique. (*Pogg. Ann.* 1863, n. 1, p. 78.)

Il s'agit des sons que produit un cylindre métallique creux, fendu suivant sa longueur, lorsqu'on fait passer dans une hélice électro-magnétique qui entoure ce cylindre un courant interrompu. M. Poggendorff a fait voir que le son dépend du courant d'induction qui se développe dans le cylindre, mais on ne sait pas comment ce courant produit le son. Si dans certaines circonstances, il se développe une étincelle au travers de la fente du cylindre, ce n'est pas un phénomène régulier et on ne peut pas admettre non plus que l'action mécanique, électro-magnétique, détermine un écartement périodique des deux bords en contact.

M. Buff a expérimenté avec une feuille de zinc de 4^{mm},5 d'épaisseur, et de 50 cent. de long sur 8 de large, roulée sur elle-même et dont les deux bords étaient serrés l'un contre l'autre par une presse. Du moment où les deux bords commencent à être en contact, il se produit un bruit sec et d'une certaine intensité, et synchrone avec l'interruption du courant inducteur. Lorsqu'on serre la presse et qu'on augmente, par conséquent, le nombre des points de contact, le bruit augmente d'abord, mais finit par diminuer si l'on continue à serrer.

Dans cette disposition d'appareil il n'est pas possible de déterminer d'une manière précise le point où le son se produit. A moitié de la longueur du tube, on a soudé de part et d'autre de la fente deux fils de cuivre ; l'un communique avec une plaque de laiton placée sur une caisse à renforcer le son, l'autre avec une aiguille dont la pointe repose sur la plaque.

En faisant passer le courant inducteur, on obtient un son renforcé qui est produit au point de contact de l'aiguille et de la plaque. Il n'y a pas cependant en ce point production régulière d'étincelle ; ce n'est que si l'on promène l'aiguille sur la plaque

qu'il est possible de constater des étincelles dans l'obscurité. Après avoir fait marcher l'appareil pendant longtemps, il arrive de temps à autre que la plaque est légèrement attaquée, mais ordinairement elle reste brillante.

Dans cette nouvelle disposition l'action électro-magnétique ne peut jouer aucun rôle. Le passage du courant induit au travers d'un point de contact imparfait paraît donc être la condition essentielle du bruit. M. Buff a encore transformé l'appareil de la manière suivante. L'hélice se composait de deux fils parallèles disposés dans les expériences précédentes de manière à être parcourus tous deux dans le même sens par le courant inducteur. On les a séparés; on se sert de l'un comme inducteur et de l'autre comme induit; les deux extrémités de ce dernier communiquent avec la plaque de laiton placée sur la caisse à renforcer le son. Le son se produit avec une grande intensité. Il cesse lorsqu'on amalgame la plaque et qu'on la recouvre d'une goutte de mercure dans laquelle plonge l'extrémité des fils également amalgamée. Tant que l'un des fils n'est pas amalgamé, le bruit continue quoique affaibli. Ainsi le contact imparfait est la condition du phénomène, et l'auteur s'est assuré, sans produire de courant induit, qu'on obtient un bruit analogue à un faible choc en ouvrant et fermant alternativement le circuit inducteur avec un conducteur trempant dans le mercure.

Lorsque dans l'expérience de la plaque, on se sert pour faire passer le courant induit d'un fil très-mince de platine ou d'une aiguille à pointe fine légèrement oxydée; on peut faire rougir la pointe et en observer alors des alternatives dans l'intensité de l'incandescence. Des alternatives semblables doivent se produire dans l'intensité de l'échauffement de la pointe lorsque cet échauffement n'est pas visible, et on peut expliquer la production du bruit par un effet calorifique. Dans un circuit quelconque, il y a un développement considérable de chaleur en un point où la résistance devient elle-même beaucoup plus grande. D'autre part, lorsque le courant n'est pas continu, les portions échauffées doivent se refroidir rapidement; il y a donc en ces points une alter-

native de réchauffement et de refroidissement rapide qui est accompagnée d'une dilatation et d'une contraction. Ces oscillations doivent donner lieu à un son plus ou moins intense. Lors même que ces oscillations déterminent une séparation des deux points en contact, il n'en résulte pas nécessairement une étincelle, parce que la séparation n'a lieu que lorsque le courant ne passe plus.

D'après cette explication, tout courant discontinu doit produire le bruit, et c'est, en effet, ce que M. Buff a constaté de la manière suivante. La discontinuité du courant est produite par une roue dentée sur laquelle presse un ressort ; on fait passer le même courant entre une plaque épaisse de cuivre et la pointe d'une aiguille, le son se produit au point de contact. Un élément Bunsen suffit ; avec deux on peut voir l'incandescence périodique de la pointe.

Indépendamment du phénomène qu'on vient de décrire, l'auteur a observé qu'il se produit dans une hélice parcourue par un courant discontinu un bruit sourd provenant du fil même de l'hélice. L'inducteur déjà décrit se composant de deux fils parallèles, on les a disposés d'abord de manière à être parcourus par le courant dans le même sens ; puis, en second lieu, en sens contraires. Dans le premier cas, le bruit devient plus fort que lorsqu'un seul des fils est dans le circuit ; dans le second cas, au contraire, le bruit cesse. Or, dans ce dernier cas, il est évident que l'action électro-magnétique du système total sur une portion quelconque du fil est à peu près nulle ; l'auteur en conclut que le son en question provient d'un mouvement déterminé par l'action mécanique de l'hélice sur elle-même et non d'un mouvement moléculaire [1].

[1] *Note de la Réd.* Cette conclusion ne nous paraît pas suffisamment fondée. En effet, si le son que rend le fil est un résultat moléculaire de l'établissement du courant dans un conducteur soumis à une action électro-magnétique, ce son doit cesser lorsque l'action électro-magnétique devient nulle, comme cela a lieu dans l'expérience de M. Buff lorsque les deux hélices de son appareil sont parcourues par le courant en sens contraires.



P. Volpicelli. Sur l'influence électrique. Nouvaux faits sur la polarité électrostatique[1]. (*Compt. rend. de l'Acad. des Sc.*, t. LIX, p. 570).

Mes études sur l'électricité statique m'ont de temps en temps conduit à de nouvelles expériences servant à confirmer ce point que l'électricité induite (influence de première espèce) ne possède pas de tension. Dans la présente communication j'indiquerai sommairement ces expériences, en poursuivant l'ordre numérique de celles précédemment publiées.

Douxième expérience. — Une petite sphère métallique, suspendue à un fil de soie, se renferme dans deux plus grands hémisphères, concentriques avec elle et isolés. Qu'on électrise ceux-ci fortement, et puis qu'on les décharge, la petite sphère se trouvera chargée de l'électricité contraire. Ceci ne démontre pas seulement que l'électricité induite n'a pas de tension, mais encore que le pouvoir décomposant de l'influence électrique peut avoir plein effet, même quand son pouvoir attractif a une résultante nulle, comme dans l'expérience qui précède. La distinction très-utile de ces deux pouvoirs n'a pas encore été introduite dans la science.

Treizième expérience. — Si la surface interne d'une bouteille de Leyde contient un tourniquet électrique, celui-ci ou tournera, ou restera immobile, selon que la surface elle-même sera chargée d'électricité inductrice ou induite.

Quatorzième expérience. — Si la surface interne d'une bouteille de Leyde renferme une pointe métallique, et si l'on approche de celle-ci une aile de l'anémomètre très-sensible de Combes, l'instrument se met en rotation ou non, selon que la superficie interne sera chargée de l'électricité inductive ou induite.

Quinzième expérience. — Si l'on verse de l'eau dans une bou-

[1] Nous reproduisons deux notes de M. Volpicelli sur l'influence électrique faisant suite à des travaux que nous avons précédemment fait connaître à nos lecteurs. Voyez *Archives* 1859, t. V, p. 265, et 1862, t. XIV, 150.

teille de Leyde, et qu'ensuite on y plonge un aréomètre, celui-ci subira un mouvement ascendant, si la superficie interne est chargée d'électricité inductrice ; et il demeurera constamment immobile si elle est chargée d'électricité induite.

Seizième expérience — Que l'on approche, autant qu'on voudra, un pistolet de Volta de l'armature externe d'une bouteille de Leyde, chargée par la surface interne et placée sur un plateau isolant, il n'y aura pas d'explosion; mais si l'on approche la main du bouton de la bouteille, l'explosion aura immédiatement lieu par l'étincelle électrique.

Dix-septième expérience. — Si l'on approche de la surface résineuse d'un électrophore, chargé depuis quelques jours, une pointe métallique non isolée, celle-ci subira l'induction ; mais elle ne pourra, même en partie, neutraliser l'électricité inductrice.

Dix-huitième expérience. — L'électricité négative, induite au moyen du disque de verre de la machine électrique, dans les pointes de ses peignes, n'abandonne pas celles-ci pour se porter sur le disque. On s'en convainct si l'on compte le nombre des tours du disque nécessaires pour obtenir le maximum de tension, déterminé soit par l'électromètre à cadran, soit par le spintéromètre, soit par l'électromètre déchargeur de Cuthberton ou de Lane, opérant avec et sans les pointes. On arrive à la même démonstration en se servant du plan d'épreuve.

De toutes ces expériences, rapidement indiquées, on doit conclure que l'électricité induite n'a pas de tension.

Dix-neuvième expérience. — Mettez un plan d'épreuve quelconque en contact avec un conducteur induit et isolé ; en supposant vraie la nouvelle théorie de l'influence électrique, représentez par E_d, E_l, E_i, les électricités dissimulée, libre et introduite dans le cohibant du plan d'épreuve même ; si vous indiquez par C la charge résultant sur ce plan, après qu'il aura été soustrait à l'influence électrique, on devra avoir :

$$C = \pm E_l \pm E_i \pm E_d \,, \quad (1)$$

où prévaudront soit les signes supérieurs, soit les inférieurs, selon que l'électricité inductrice était positive ou négative. Nous arrêtant à la première des deux hypothèses, on devra obtenir l'un ou l'autre des trois rapports numériques ci-après :

$$E_l + E_i >, =, < E_d. \tag{2}$$

Et comme l'expérience confirme ces trois rapports, la nouvelle théorie sur l'induction électrostatique se trouve aussi justifiée.

Les formules (2) jointes à l'expérience nous font conclure .

1° Qu'une ligne *réellement neutre* ne peut exister sur l'induit, mais bien une ligne que nous nommerons *pseudo-neutre,* dans laquelle les deux électricités contraires sont numériquement égales, mais non pas *neutralisées* entre elles ;

2° Qu'en variant la forme et la construction du plan d'épreuve, on doit obtenir, à conditions égales, diverses indications de lignes pseudo-neutres sur le même induit, dont une seule est *absolue,* celle indiquée par un plan d'épreuve privé des effets du cohibant ; toutes les autres sont *relatives* au plan employé. Les distinctions sur lesquelles nous avons appelé ici l'attention, sont nécessaires pour bien reconnaître le phénomène qui nous occupe ;

3° Qu'il existe des plans d'épreuve incapables de manifester aucune ligne pseudo-neutre sur l'induit ;

4° Que l'ancienne théorie est impuissante à expliquer les nouveaux faits de l'influence électrique, alors que la nouvelle donne parfaitement raison de chaque phase de ce phénomène fondamental ;

5° Que la nouvelle théorie ne détruit pas entièrement l'ancienne, comme quelques-uns l'ont cru avec tort ; mais que, seulement, elle la modifie essentiellement dans quelques-unes de ses parties.

Appendice. — Dans les *Comptes rendus* (t. LVIII, p. 1185, ligne 2 ; et t. LIX, p. 184, ligne 8 en remontant), le R. P. Secchi me reproche à tort d'avoir publié dans ce journal que

« son appareil (électro-atmosphérique) contient un fil couvert de « gutta-percha. » Je dois déclarer que je n'ai jamais eu même l'idée d'une assertion de ce genre. J'ai seulement, à propos de l'électricité des murs, désapprouvé [1] l'usage qu'a fait de fils recouverts de gutta-percha le P. Secchi, pour ses expériences sur *cette électricité* [2]; mais je n'ai jamais dit que son appareil contînt un fil couvert de gutta-percha, comme il me le fait dire par erreur.

Du reste, il est certain que si l'extrémité métallique d'un fil de cuivre, couvert de gutta-percha, se place isolée sur le condensateur à piles sèches, en le faisant pour cela seulement s'écarter de la verticale, il manifestera l'électricité positive; et si on l'agite auparavant, il manifestera l'électricité négative.

J'ai aussi vérifié que la paraffine, touchée très-légèrement avec les deux doigts, manifeste l'électricité positive; mais, si on y met moins de délicatesse, elle est négative.

Ces deux faits confirment la polarité électrostatique dans les cohibants, par le seul toucher plus ou moins énergique.

La paraffine, mélangée à l'amalgame de M. Steiner, augmente la tension électrique des machines.

Dans les expériences délicates d'électricité statique, il faut absolument enlever le cohibant ordinaire de gomme laque entre les deux plateaux du condensateur, et le remplacer par deux fils parallèles de soie blanche, plus ou moins fins, selon les cas.

P. Volpicelli. Sur l'influence électrique. Neuvième note. (*Comptes rend. de l'Acad. des Sc.*, t. LIX, p. 962).

La note de M. Gaugain sur *l'électricité dissimulée* [3] se réfère à mes précédents travaux sur cette matière et m'oblige à quel-

[1] *Comptes rendus*, t. LVIII, p. 632, ligne 12.
[2] *Comptes rendus*, t. LVIII, p. 28, ligne 22.
[3] *Comptes rendus*, t. LIX, p. 729. — *L'Institut*, n° 1609, p. 349.

ques observations que je me permets de soumettre à l'Académie, en la priant de vouloir bien les publier.

1° M. Gaugain, nonobstant mes dernières preuves, dit qu'il est encore fortement contesté que l'électricité induite ne possède pas de tension. Cela est vrai, mais ne doit pas étonner, quand il s'agit, comme dans le cas présent, de modifier profondément d'anciennes doctrines. Il est probable qu'il se passera encore bien du temps avant que soit acceptée par tous, comme vraie, la proposition émise par Lichtenberg, dès avant 1794, que l'électricité induite n'a pas de tension[1]. Et pourtant il me semble que mes expériences précédemment publiées devraient en démontrer la vérité.

2° Je ne puis admettre que la divergence actuelle dans les opinions provienne d'une confusion de langage, autrement dit d'un malentendu sur le sens du mot *tension*. Tous ceux qui jusqu'à aujourd'hui ont pris part à la discussion se sont accordés à regarder la tension comme une force répulsive entre les molécules de la même électricité, et à la mesurer avec la divergence accusée par l'électromètre, conformément à ce qu'enseigne tout bon cours de physique.

Je crois, au contraire, que le désaccord provient de ce que jusqu'à aujourd'hui le plus grand nombre des physiciens n'a pas reconnu que l'électricité homologue de l'induisante soit partout sur l'induit isolé, et que la divergence des paillettes sur son extrémité la plus voisine de l'induisante soit produite par l'induction *curviligne* de cette dernière, et non par la tension de l'électricité induite, car elle ne possède *aucune espèce de tension*, quelque sens que l'on veuille donner à ce mot.

Si l'on veut étudier la question posée par Melloni sur l'induction électrostatique, on doit donner à ce mot *tension* le sens que Melloni lui-même lui a donné, et sur lequel tout le monde est tombé d'accord. A soutenir le contraire, une simple assertion ne suffit pas, mais il faudrait des preuves.

[1] Erxleben, *Anfangsgründe der Naturlehre*; Gottingen, 1794, p. 520.

Quand on a démontré par les moyens électrostatiques que l'électricité induite ne possède pas de tension, c'est-à-dire de force répulsive par elle-même, on a démontré ce corollaire, qu'elle n'a pas la faculté de produire des courants. Il n'est donc pas nécessaire, pour démontrer la vérité de la nouvelle théorie sur l'induction électrostatique, de changer le sens, accepté par tout le monde, du mot *tension*.

3° Du reste, il me semble que la proposition de Melloni n'a absolument rien de vague, et par conséquent que l'électricité homologue de l'induisante, sur l'induit isolé, est la seule pourvue de tension et mobile, tandis que la contraire est toute dissimulée et immobile, ou privée de tension. Pour cela nous ne pouvons con. venir, ni que la partie dépourvue de tension change de signe, quand on se transporte d'un point à un autre sur l'induit, ni qu'à son extrémité plus loin de l'inductrice il y ait une partie de son homologue privée de tension. Dans le fait, si le cylindre induit n'est pas isolé, il perd la seule homologue de l'induisante et non les deux contraires, supposées par M. Gaugain l'une et l'autre privées de tension sur le même induit. Mais si, agissant comme Wilke, le cylindre induit est composé de deux parties, celles-ci, soustraites à l'induction, manifestent chacune certainement la même électricité, c'est-à-dire celle contraire de l'induisante. Pour cela l'expérience ne peut admettre que sur l'induit se trouvent deux électricités opposées, chacune dissimulée, mais elle veut au contraire qu'il y en ait une seule, la contraire de l'induisante.

4° Malgré cela, nous sommes d'accord avec M. Gaugain, pour admettre seulement que sur l'induit isolé, la partie douée de tension est partout, qu'elle est homologue de l'induisante et que la contraire de celle-ci sur le même induit est privée de tension ou dissimulée. Nous nous abstiendrons de prononcer sur la théorie au moyen de laquelle M. Gaugain déduit ses conséquenses.

CHIMIE.

NÆGELI. DIE REACTION VON JOD... RÉACTION DE L'IODE SUR LA FÉCULE ET LES MEMBRANES DES CELLULES.

Différence entre la granulose et la cellulose sous le rapport de leur action sur l'iode.

Comme on n'a pas encore réussi à isoler la granulose, ses propriétés ne peuvent se déduire que de la comparaison entre un mélange de granulose et de cellulose tel que la fécule et la cellulose elle-même.

Il est évident que les différences qui distinguent la cellulose de la fécule tiennent à la présence de la granulose qui accompagne cette dernière.

J'ai déjà autrefois fondé la distinction entre ces deux substances sur le fait que la cellulose ne se colore pas en bleu lorsqu'on la traite par l'iode, et qu'à égalité d'épaisseur elle se gonfle et se dissout plus difficilement. Des recherches plus récentes permettent de préciser mieux ces différences.

Sous le nom de fécule, j'entends les grains de fécule de pomme de terre. Les propriétés de ceux-ci sont assez celles de toutes les espèces de fécules. Il n'y a que la couche tout à fait superficielle des grains de fécule de pomme de terre et les grains de fécule de certains phanérogames exceptionnels qui soient assez pauvres en granulose pour se comporter comme la cellulose.

Quant au terme de cellulose, je l'emploie dans le même sens que Payen et Mohl, et je désigne sous ce nom la substance constitutive des parois des cellules (excepté de celles des lichens).

Il faut cependant remarquer que certains tissus cellulaires doivent être traités par l'alcali caustique et d'autres par l'acide sulfurique pour produire les mêmes réactions.

Voici maintenant comment on peut formuler la différence qui existe entre la fécule et la cellulose.

1° *La fécule se colore en bleu indigo sous l'action de l'eau iodée.*

La présence simultanée de l'acide iodhydrique ou de l'iode métallique change cette couleur et la fait passer au violet ou au rouge ou au jaune suivant la concentration de la liqueur. Au contraire, la cellulose ne se colore pas en bleu sous l'action de l'eau iodée, mais en faisant agir en même temps que l'eau iodée de l'acide iodhydrique ou de l'iode métallique, on produit une coloration bleue que l'on peut même faire passer au violet ou au rouge ou au jaune en augmentant la dose de ces substances.

J'avais d'abord admis que la cellulose se colorait en rouge pâle, ou sale, ou même en rouge cuivre ou rouge brun ; mais cette opinion est erronée en ce qui concerne l'action de l'eau iodée seule, ainsi que me l'ont prouvé mes nouvelles recherches.

2° *L'iode a plus d'affinité pour la fécule que pour la cellulose, quelles que soient d'ailleurs les autres substances en présence dans l'eau. Ce n'est que dans les liqueurs qui contiennent de l'acide iodhydrique ou de l'iodure de zinc ou de l'acide sulfurique très-concentrés que la cellulose a plus d'affinité que la fécule pour l'iode.*

Ce renversement dans l'affinité de l'iode pour la fécule et pour la cellulose est caractéristique. On le démontre par les expériences suivantes. Quand on met de la fécule de pomme de terre et du coton dans de l'iodure de zinc contenant un peu d'iode en dissolution, on voit les grains de fécule se colorer en brun foncé et les fils de coton en rouge violet. Si on laisse la préparation séjourner quelque temps sur le porte-objet, les grains de fécule du bord commencent à se gonfler ; suivant les circonstances, ils se colorent en rouge cerise ou en violet, puis passent au rouge clair et redeviennent enfin incolores. Ces transformations successives de la fécule se propagent successivement des bords vers le centre de la préparation. A la fin la fécule s'est entièrement convertie en une colle incolore.

Dans les mêmes circonstances les fils de coton conservent encore longtemps leur coloration (pendant plusieurs jours ou même plusieurs semaines). Ils sont d'abord violets, puis rose clair et finissent aussi par redevenir incolores.

Ce résultat peut s'expliquer de deux manières : ou bien la cellulose du coton a plus d'affinité pour l'iode que la fécule, ou bien la consistance plus dense du coton lui permet de retenir l'iode, même en dépit de l'évaporation, plus longtemps que ne le peut faire la fécule fortement gonflée. Les expériences suivantes sont en faveur de la première de ces explications.

La première expérience consiste à colorer de nouveau par l'iode la préparation de fécule et de coton après qu'elle est redevenue incolore. Dans ce cas on voit les fils du coton s'emparer les premiers de l'iode ; ils sont déjà rose clair que la colle de farine est encore incolore, puis ils passent au rouge-violet pendant que la colle commence à se colorer en jaune, enfin ils gardent la même teinte pendant que la colle passe au violet sale.

Une autre expérience montre l'influence de la densité de la cellulose sur l'attraction qu'elle exerce sur l'iode et la force avec laquelle elle retient cette substance. Pour cela on chauffe du coton avec du chlorure de zinc jusqu'à ce qu'on ait obtenu une matière de consistance gélatineuse qu'on laisse refroidir. On ajoute ensuite un peu de coton intact et l'on traite le tout par l'iodure de zinc additionné d'iode. On observe alors que la portion gélatineuse du mélange se colore beaucoup plus vite que le coton intact. Ce dernier prend cependant la même couleur que le reste si on augmente la dose d'iode. En abandonnant la préparation à elle-même pendant plusieurs jours sans la recouvrir, on peut constater que le coton intact perd sa coloration plus vite que la matière gélatineuse. On conclut de ces faits que la cellulose la plus dense se combine moins vite avec l'iode et la retient moins longtemps que la cellulose moins dense.

La fécule se comporte sous ce rapport de la même manière que la cellulose. Pour s'en assurer, il suffit de mêler ensemble de la fécule de pomme de terre et de la colle faite avec de la fécule de pomme de terre et de traiter le mélange par l'iode. On voit alors que la colle s'empare la première de l'iode.

Pour comparer la fécule avec la cellulose, on traite du coton

par un mélange de chlorure de zinc et d'iodure de zinc. On cuit ce mélange jusqu'à consistance gélatineuse et on le reprend par l'eau. Puis on le fractionne en plusieurs portions qu'on place sur des verres de montre plats. On ajoute de la fécule de pomme de terre dans chaque portion, et on traite ensuite chacune d'elles par une solution iodée d'iodure de zinc à divers degrés de concentration. Alors la fécule seule se colore en bleu avec l'iodure de zinc le moins concentré, en rouge quand la concentration est plus grande, et enfin en rouge-feu et orange dans le verre où la liqueur est la plus concentrée. Quant à la colle de coton, elle reste incolore tant que l'iode n'est pas en excès. On abandonne alors le verre de montre sans le recouvrir et la fécule passe partout au rouge-feu, parce que l'évaporation concentre la liqueur dans chaque verre. Plus tard l'évaporation amène le gonflement des grains de fécule qui passent alors au violet, puis au rouge-clair et finissent par se décolorer.

Mais si au moyen d'une quantité d'iode suffisante, on colore non-seulement la fécule, mais aussi la colle de coton, et si on laisse agir l'évaporation comme précédemment, on voit les fils de coton conserver une teinte rouge-cerise après que le reste de la matière s'est entièrement décolorée.

Différence entre la granulose et la cellulose sous le rapport de leur faculté de gonfler et de leur solubilité.

Bien qu'on ne connaisse point la granulose à l'état libre, on peut jusqu'à un certain point l'identifier à la fécule sous le rapport de sa réaction avec l'iode, puisque la cellulose qui entre avec elle dans la constitution de la fécule ne se colore pas dans l'eau iodée. Mais la propriété de se gonfler et la solubilité ne fournissent point un moyen de distinction aussi clair, car la granulose et la cellulose possèdent toutes les deux ces propriétés, à des degrés divers, il est vrai. Quand on voit la fécule se dissoudre plus facilement que la cellulose dans un certain liquide, et moins facilement qu'elle dans un autre liquide, on ne peut douter que

cela ne tienne à la plus ou moins grande quantité de granulose contenue dans la fécule. On doit être porté à penser que si on pouvait observer la granulose libre, on la trouverait plus soluble que la cellulose dans les liquides dans lesquels la fécule est plus soluble que la cellulose, et *vice versâ*.

Cette prévision n'est cependant point une certitude. Il pourrait, en effet, en être de l'alliage de la cellulose avec la granulose comme de certains alliages métalliques dont la solubilité et les autres propriétés physiques ne sont pas la moyenne entre celles des métaux alliés et dépassent cette moyenne. Voici la règle sûre qu'on peut établir en ce qui concerne les deux propriétés en question :

La fécule à égalité de densité se gonfle plus vite et se dissout plus vite que la cellulose dans l'eau, les acides et les alcalis, ainsi que sous l'influence d'une élévation de la température ; au contraire, à égalité de densité, la cellulose se dissout et se gonfle plus vite que la fécule dans l'oxyde de cuivre ammoniacal. Enfin le chlorure et l'iodure de zinc ont une action en quelque sorte moyenne sur ces deux substances, en ce sens qu'ils font mieux gonfler la fécule et dissolvent mieux la cellulose.

M. H. Sainte-Claire Deville. De la constitution du sel ammoniac, et des densités de vapeur. (*Comp. rend. Acad. des Sc.*, t. LIX, p. 1057.)

M. Deville avait montré que l'acide chlorhydrique et l'ammoniaque gazeux mis en contact à la température de 360° dégagent de la chaleur et que, par suite, ces gaz se combinent à une température où la densité de vapeur du sel ammoniac assigne à ce corps 8 volumes pour l'équivalent. Pour se mettre à l'abri de toute objection, l'auteur a répété ces expériences en les modifiant de manière à ce que les deux gaz fussent préalablement échauffés chacun séparément, à 360°, avant d'être mis en présence. Les résultats obtenus dans ces conditions ont été encore les

mêmes qu'autrefois, mais ils sont en contradiction avec ceux de M. Than [1]. En discutant l'appareil de ce chimiste, M. Deville n'a pas de peine à y montrer des imperfections qui rendent son emploi sujet à caution.

En terminant, l'auteur soumet aux partisans de l'hypothèse des densités anomales, les deux difficultés suivantes :

1° L'acide sulfhydrique et l'ammoniaque forment entre autres les deux composés

$Az\,H^4\,S$, sulfure d'ammonium, et

$Az\,H^4\,S, H\,S$, sulfhydrate de sulfure d'ammonium.

Le premier représente 4 volumes de vapeur, sa condensation est égale à $^1/_3$: l'acide sulfhydrique et l'ammoniaque se combinent donc et restent combinés à la température par exemple 100° où l'on détermine la densité de vapeur.

Le sulfhydrate de sulfure d'ammonium représente 8 volumes de vapeur, sa condensation est nulle. Si on suppose que ses éléments se soient séparés à la température où l'on prend la densité de vapeur (par exemple 100°) on est obligé de supposer qu'il s'est partagé en ammoniaque et acide sulfhydrique $Az\,H^3$ et 2 HS, donnant chacun 4 volumes et ayant pour somme 8 volumes. Or, à cette température, les éléments ne pourraient réellement se séparer qu'en sulfure d'ammonium $Az\,H^4\,S$ et en acide sulfhydrique HS, représentant l'un 4 volumes, l'autre 2 volumes, dont la somme est 6 volumes.

Si le sulfhydrate de sulfure d'ammonium était décomposé dans sa propre vapeur, il devrait donc fournir 6 volumes. Or l'expérience nous apprend qu'il en fournit 8 ; donc il n'est pas décomposé, donc sa vapeur n'a rien d'*anom a*

2° Quand l'acide carbonique, l'acide sulfureux, l'acide acétique, le soufre, le sélénium, le tellure, et tant d'autres corps si connus nous présentent une densité de vapeur variable avec la température, c'est que leurs coefficients de dilatation vont en diminuant quand la température augmente, jusqu'à prendre une

[1] Voyez *Archives*, t. XXII, p. 5. Janvier 1865.

valeur minimum de 0.00366, celle qui convient à l'hydrogène, par exemple : les travaux de MM. Regnault, Cahours, Troost et Deville l'ont prouvé surabondamment.

On s'est appuyé sur cette variabilité des densités pour faire espérer que des densités de vapeur, gênantes au point de vue de certaines théories atomistiques, celles du phosphore et de l'arsenic, par exemple, pourraient diminuer de moitié si on les déterminait à des températures hors de notre portée. Si l'analogie sur laquelle on se fonde est légitime, elle devra s'étendre au phénomène de la variation de leur coefficient de dilatation; or MM. Troost et Deville ont fait voir qu'entre des températures variant de 1000 degrés la densité de ces vapeurs devenant constante, leur coefficient de dilatation doit être aussi constant comme pour toutes les vapeurs suffisamment chauffées et pour les gaz parfaits. Admettre que, par exception, ce coefficient est, ou peut être différent de 0.00366 pour que le phosphore et l'arsenic cessent de représenter un seul volume de vapeur, c'est faire une hypothèse contraire aux analogies et inadmissible dans l'état actuel de la science. M. D.

ZOOLOGIE, ANATOMIE ET PALÉONTOLOGIE.

Nouveaux documents relatifs a l'antiquité de l'homme [1].

La caverne de Bize et les espèces animales dont les débris y sont associés à ceux de l'homme. Montpellier, 1864. — M. Paul Gervais a présenté le résumé suivant de ce travail, à la séance du 5 décembre 1864, de l'Académie des Sciences de Paris (*Comptes rendus*, t. LIX, p. 945).

« Nos observations se rapportent en grande partie au renne, dont les os, brisés par l'homme, sont enfouis à Bize avec les instruments faits avec les bois de cette espèce de cerf ou avec

[1] Voyez *Archives*, 1864, t. XX, p. 353.

des os, et se trouvent en même temps associés à des silex taillés, ainsi qu'à des coquilles marines ayant servi d'ornements.

«Nous avons en outre reconnu qu'il faut certainement rapporter au renne les espèces de Cervidés, prétendues différentes de celles décrites par les auteurs, que Marcel de Serres a nommées *Cervus Tournalii*, *Cervus Reboulii* et *Cervus Leufroyi*. Le *Cervus Destremii* est aussi en partie dans le même cas, puisque plusieurs des pièces sur lesquelles il repose sont également des fragments de renne brisés de la même manière que ceux sur lesquelles reposent les espèces nominales dont je viens de rappeler les noms.

« On sait maintenant que la caverne de Bize est loin d'être la seule cavité souterraine où l'on rencontre des ossements de renne semblablement mutilés. Il résulte en effet des recherches récentes de MM. Lartet, Christy et Garrigou, ainsi que de celles de plusieurs autres savants distingués, qu'il existe de pareils débris à Bruniquel (Tarn-et-Garonne), à Aurignac (Haute-Garonne), à Lourdes (Hautes-Pyrénées), aux Espalugues (dans le même département), à Espalungue (Basses-Pyrénées), aux Eyzies, etc., près Sarlat (Dordogne), à Savigné (Vienne), et dans d'autres lieux, soit en France, soit dans des pays appartenant également à l'Europe centrale.

« Bien avant ces curieuses découvertes, le renne avait déjà été signalé en Auvergne par Bravard, et cela sur l'observation de bois travaillés par l'homme, et que cet habile paléontologiste avait découverts aux environs d'Issoire. Avec ces bois étaient des silex cultriformes, ainsi que des coquilles marines apportées d'ailleurs. M. Pomel a exposé ces faits dans une notice présentée à la Société géologique, en 1840, mais en avouant qu'il lui était encore impossible d'expliquer la présence de ces coquilles dans de semblables conditions.

«Nous rappelons aussi dans notre mémoire ce que Cuvier a dit à propos de la présence du renne fossile dans la caverne de Brengues (Lot) : « Comment admettre que le renne, aujour-

« d'hui confiné dans les climats glacés du nord, ait vécu en « identité spécifique dans les mêmes climats que le rhinocéros? « Car il ne faut pas douter qu'il n'ait été enseveli avec lui à « Brengues ; ses os y étaient pêle-mêle avec ceux de ce grand « quadrupède, enveloppés dans la même terre rouge, et revêtus « en partie de la même stalactite. »

«L'association du renne avec l'homme n'est ni moins curieuse, ni moins certaine que celle de cette espèce de ruminant avec le rhinocéros ; mais quelle explication peut-on donner de ces faits qui, n'étant plus susceptibles d'être contredits, sembleraient conduire à faire admettre la contemporanéité de l'homme avec le rhinocéros et les autres grandes espèces éteintes que l'on désigne souvent par l'épithète de *diluviennes?* Faut-il y voir, ainsi que l'ont voulu plusieurs naturalistes, la preuve que l'homme a existé en Europe dès les premiers temps de l'époque quaternaire, ou bien doit-on admettre que les rennes ont continué d'habiter nos contrées, alors que les grandes espèces dont il vient d'être question avaient depuis longtemps cessé d'y vivre? Dans cette dernière supposition, serait-on fondé à ajouter que les os fragmentés du renne recueillis à Bize et dans tant d'autres lieux confirment l'opinion de Buffon, que le renne vivait encore dans nos contrées au moyen âge, et que ce sont, comme il le croit, des animaux de cette espèce que Gaston Phœbus chassait dans les Pyrénées, sous le nom de *rangiers*, durant le quatorzième siècle? Mais cent ans avant Phœbus, Albert-le-Grand avait déjà dit du renne qu'il ne vivait plus que dans les régions polaires : « *In* « *partibus aquilonis, versus polum arcticum et etiam in partibus* « *Norwegiæ et Sueviæ.* » De plus, Cuvier a vérifié, sur le manuscrit offert par Phœbus à Philippe de France, duc de Bourgogne, que les rennes dont parle cet infatigable chasseur, il les avait vus en Norwége et en Suède ; il ajoute même qu'il n'y en a pas « en pays romain, » c'est-à-dire dans nos contrées.

«On peut faire remarquer, d'autre part, que les ossements du renne enfouis à Brengues et dans d'autres lieux avec les rhino-

céros n'ont, jusqu'à présent du moins, montré aucune trace évidente de l'action de l'homme.

« Ni l'une ni l'autre de ces deux opinions extrêmes, l'ancienneté des rennes de Bize égale à celle des rennes de Brengues, et la persistance de la même espèce d'animaux dans les régions tempérées de l'Europe jusqu'au XIVe siècle, ni l'une ni l'autre de ces deux opinions, disons-nous, ne saurait être acceptée. Le genre de ruminant dont nous parlons a été contemporain des grands carnivores et pachydermes propres aux premiers temps de la période quaternaire ; mais le renne a survécu à ces grands animaux, et ce n'est qu'après la disparition de ces derniers que nous le voyons être utilisé par l'homme. L'époque de cette première action de l'homme sur le renne n'en est pas moins fort éloignée de nous, puisque l'histoire n'en a conservé nul souvenir.

« On est alors conduit à se demander de quelle race étaient ces hommes antérieurs aux Ligures et aux Celtes, dont le renne constituait la principale richesse, et qui ont disparu de nos régions dès une époque si reculée. Je n'ai, pour mon compte, relativement à cette difficile question, aucun document nouveau méritant d'être signalé à l'Académie. M. Brinckmann suppose, il est vrai, que les hommes dont il s'agit étaient des Lapons ou peut-être des Finnois ; mais, je n'ai pas besoin de le faire remarquer, ce n'est qu'à titre purement provisoire qu'il soutient cette opinion.

« Le Mémoire dont je fais hommage à l'Académie, et qui complète des observations que je lui ai déjà présentées dans une précédente communication [1] au sujet de la caverne de Bize, est suivi d'une Note dans laquelle je parle du *Felis servaloïdes*.

« C'est une espèce de lynx sur laquelle Marcel de Serres, Dubreuil et Jeanjean ont donné quelques renseignements dans leur ouvrage sur la caverne de Lunel-Viel, d'après des ossements recueillis dans cette caverne. De Serres la met également au nombre des mammifères fossiles à Bize, mais en la regardant à tort comme le véritable serval. J'en ai trouvé un fragment de maxil-

[1] *Comptes rendus*, t. LVIII, p. 230.

laire inférieur à la Valette, près Montpellier, dans une brèche renfermant aussi des ossements humains et des morceaux de poteries primitives. M. Delmas en a découvert, de son côté, un autre fragment au Colombier, près Castries, et c'est peut-être aussi le même animal que M. Pomel a indiqué à Coudes et à la tour de Boulade, aux environs d'Issoire, sous le nom de *Felis lyncoïdes*.

« Le *Felis servaloïdes* méritait d'être signalé aux paléontologistes qui s'occupent de faire la liste des espèces nombreuses de mammifères disparues de nos contrées depuis les premiers temps de la période quaternaire ; car il est probable qu'on en rencontrera les ossements dans d'autres gisements que ceux dont il vient d'être question. »

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A L'OBSERVATOIRE DE GENÈVE

sous la direction de

M. le Prof. E. PLANTAMOUR

PENDANT LE MOIS DE FÉVRIER 1865.

Le 2, on ne voit plus de neige sur le Petit-Salève ; halo solaire partiel de 10 h. 45 m. à 11 h.

3, de très-forts coups de vent du SSO. pendant toute la nuit du 2 au 3, depuis 1 h. du matin ; il a neigé dans la matinée jusqu'au pied des montagnes, mais cette neige a disparu dans l'après-midi.

5, au matin, faible gelée blanche ; depuis la tombée de la nuit, couronne lunaire et halo lunaire pendant toute la soirée.

6, pendant presque toute la matinée, on voit les deux parhélies à l'Est et à l'Ouest sur le halo ordinaire, halo solaire partiel de midi 15 m. à 1 h. 30 m.

7, couronne lunaire à plusieurs reprises dans la soirée.

9, il neige pendant un quart-d'heure vers $3^1/_2$ h. ; la neige prend pied dans la plaine et ne disparaît que le lendemain.

17, neige le matin de bonne heure, qui se transforme en pluie ; la neige ne prend pas pied ; de même pour celle tombée le 18.

21, neige le matin et le soir ; hauteur de la couche de neige 30^{mm}.

22, couronne solaire de 8 h. 45 m. à 10 h. 30 m.

27, forte gelée blanche le matin ; halo solaire partiel de 1 h. 30 m. à 2 h. 15 m.

28, faible halo solaire vers 9 h. du matin.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.

MAXIMUM.	mm	MINIMUM.	mm
		Le 1, à 11 h. $^1/_4$ matin	707,44
Le 2, à 10 h matin...	716,83		
		3, à 8 h. $^1/_4$ matin	710,22
3, à 9 h. $^3/_4$ matin	711,57		
		3, à 8 h. $^1/_2$ soir..	709,52
7, à 10 h. soir.....	728,75		
		8, à 10 h. $^1/_2$ soir..	721,84
10, à 8 h. soir.....	730,68		
		12, à 2 h. soir.....	726,04
14, à 8 h. matin...	729,37		
		17, à 6 h. matin....	715,15
18, à 10 h. soir.....	729,11		
		19, à 8 h. $^1/_2$ soir..	719,51
23, à 10 h, soir.....	737,95		
		24, à 11 h. $^1/_2$ soir...	722,31
27, à 10 h. matin...	732,29		

GENEVE. — FÉVRIER 1865.

Jours du mois.	Baromètre. Hauteur moy. des 24 h.	Baromètre. Écart avec la hauteur normale.	Température C. Moyenne des 24 heures.	Température C. Ecart avec la temp. normale.	Température C. Minim.	Température C. Maxim.	Tension de la vap. Moy. des 24 h.	Tension de la vap. Ecart avec la tension normale.	Fract. de saturation en millièmes. Moy. des 24 h.	Fract. de saturation en millièmes. Ecart avec la fraction norm.	Fract. de saturation en millièmes. Minimum.	Fract. de saturation en millièmes. Maximum.	Pluie ou neige. Eau tomb. d. les 24 h.	Pluie ou neige. Nomb. d'h.	Vent dominant.	Clarté moy. du Ciel.	Temp. du Rhône. Midi.	Temp. du Rhône. Ecart avec la temp. normale.	Limnimètre à midi
	millim.	millim.	o	o	o	o	mm	mm					mm.				o		pouces
1	709,19	—17,94	+ 4,62	+ 4,41	+ 2,6	+ 7,3	5,59	+1,44	890	+ 41	720	1000	19,4	14	SO. 2	1,00	4,9	+ 0,5	34,0
2	715,78	—11,32	+ 5,76	+ 5,49	+ 4,4	+ 8,0	5,07	+0,91	751	— 96	630	850	3,3	6	SO. 2	1,00	5,0	+ 0,6	35,2
3	710,78	—16,28	+ 5,95	+ 5,62	+ 2,0	+ 8,8	5,27	+1,11	763	— 82	610	930	10,9	8	SSO. 2	0,97	5,1	+ 0,6	37,0
4	715,41	—11,61	+ 4,82	+ 4,42	+ 3,6	+ 7,8	5,01	+0,84	796	— 47	660	910	2,1	3	SSO. 2	0,93	5,1	+ 0,6	37,5
5	719,45	— 7,53	+ 3,06	+ 2,59	— 1,0	+ 6,4	4,85	+0,67	846	+ 5	710	1000	...	..	NNE. 1	0,63	...	.....	38,3
6	724,98	— 1,96	+ 3,09	+ 2,55	+ 1,7	+ 5,0	4,09	—0,09	738	—101	610	880	...	..	NNE. 2	0,87	5,0	+ 0,5	39,2
7	727,21	+ 0,31	+ 0,83	+ 0,22	— 1,2	+ 2,9	3,64	—0,55	772	— 65	660	850	...	..	NNE. 1	0,69	4,8	+ 0,3	39,3
8	725,80	— 1,06	+ 1,21	+ 0,53	— 3,8	+ 5,6	4,04	—0,15	811	— 24	600	1000	2,3	3	variable	0,73	4,8	+ 0,3	39,5
9	723,78	— 3,04	— 0,99	— 1,75	— 3,3	+ 2,9	3,29	—0,91	795	— 38	630	890	0,2	1	N. 2	0,89	4,8	+ 0,2	39,5
10	727,29	+ 0,52	— 5,36	— 6,20	— 6,2	— 2,8	2,43	—1,78	817	— 13	680	870	...	..	NNE. 3	0,48	2,7	— 1,9	40,5
11	728,48	+ 1,76	— 8,65	— 9,57	— 9,6	— 5,8	1,82	—2,39	802	— 25	730	880	...	..	NNE. 3	0,72	1,8	— 2,8	41,0
12	726,57	— 0,11	— 9,47	—10,47	—10,6	— 8,0	1,69	—2,53	802	— 23	670	980	...	..	NNE. 2	1,00	...	.....	41,2
13	727,17	+ 0,54	— 7,20	— 8,29	—10,2	— 3,8	2,18	—2,04	838	+ 15	700	970	...	..	NNE. 1	0,60	3,5	— 1,1	40,3
14	728,70	+ 2,12	— 5,28	— 6,46	—10,0	— 2,1	2,82	—1,41	907	+ 86	790	950	...	..	variable	0,97	3,7	— 1,0	39,5
15	726,19	— 0,34	— 4,18	— 5,45	— 5,2	— 2,0	2,96	—1,27	907	+ 88	820	930	...	..	NE. 1	0,92	3,8	— 0,9	39,3
16	720,40	— 6,08	— 1,88	— 3,24	— 7,1	+ 4,8	3,41	—0,82	852	+ 35	540	1000	...	..	variable	0,79	4,3	— 0,4	39,2
17	718,76	— 7,67	+ 2,14	+ 0,69	— 1,0	+ 6,4	4,16	— 0,08	781	— 38	570	930	7,2	6	variable	0,77	4,1	— 0,7	39,2
18	726,78	+ 0,40	+ 3,50	+ 1,96	— 0,9	+ 6,7	4,32	+0,08	731	— 81	680	850	0,4	4	SSO. 3	0,88	4,2	— 0,6	39,0
19	724,29	— 2,04	+ 6,08	+ 4,44	+ 2,1	+12,0	4,43	+0,18	660	—150	410	920	2,9	4	SSO. 2	0,71	...	.....	39,0
20	726,80	+ 0,52	— 0,56	— 2,30	— 3,3	+ 2,6	3,59	—0,66	805	— 2	630	860	1,7	5	variable	0,74	4,6	— 0,3	39,0
21	732,67	+ 6,44	— 2,30	— 4,14	— 4,0	+ 0,7	3,28	—0,98	871	+ 66	680	980	1,4	5	variable	0,97	4,1	— 0,8	39,0
22	732,86	+ 6,68	— 3,04	— 4,98	— 8,3	+ 0,7	3,17	—1,09	856	+ 54	700	1000	...	..	variable	0,77	4,2	— 0,8	39,0
23	736,51	+10,38	— 0,59	— 2,63	— 2,6	+ 1,6	3,41	—0,86	789	— 10	690	890	...	..	NNE. 2	0,68	4,0	— 1,0	39,5
24	731,22	+ 5,15	+ 0,56	— 1,58	— 3,6	+ 4,2	3,52	—0,75	749	— 48	530	940	...	..	variable	0,86	4,2	— 0,8	39,5
25	725,83	— 0,18	+ 3,63	+ 1,38	+ 0,6	+ 7,1	4,25	—0,03	723	— 71	550	840	0,5	2	variable	0,88	4,4	— 0,7	39,5
26	730,12	+ 4,17	+ 2,91	+ 0,55	+ 1,0	+ 5,3	4,53	+0,25	813	+ 22	690	890	...	..	variable	1,00	...	.....	39,7
27	731,60	+ 5,70	+ 3,37	+ 0,90	— 1,9	+ 9,0	4,32	+0,03	747	— 43	490	920	...	..	variable	0,69	4,7	— 0,5	39,8
28	725,53	— 0,32	+ 5,90	+ 3,33	+ 0,3	+ 9,6	4,98	+0,69	720	— 66	560	900	0,4	2	SSO. 1	0,97	4,7	— 0,5	40,0

MOYENNES DU MOIS DE FÉVRIER 1865.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h. s.
Baromètre.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade,	719,35	719,83	720,07	719,98	719,76	719,95	720,25	720,55	720,68
2e »	725,37	725,70	725,66	725,54	724,96	724,85	725,23	725,43	725,79
3e »	730,69	731,00	731,10	731,02	730,41	730,30	730,44	730,46	730,61
Moi	724,74	725,12	725,22	725,12	724,66	724,66	724,94	725,12	725,34
Température.									
	°	°	°	°	°	°	°	°	°
1re décade	+ 1,56	+ 1,38	+ 2,12	+ 3,35	+ 3,85	+ 3,59	+ 2,80	+ 2,30	+ 2,01
2e »	— 4,46	— 3,90	— 2,54	— 1,25	— 0,22	— 0,71	— 1,68	— 2,08	— 2,94
3e »	— 1,26	— 1,16	+ 1,57	+ 3,24	+ 4,32	+ 3,91	+ 2,21	+ 1,71	+ 1,19
Mois	— 1,40	— 1,23	+ 0,30	+ 1,68	+ 2,53	+ 2,15	+ 1,03	+ 0,57	+ 0,01
Tension de la vapeur.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade,	4,27	4.37	4,29	4.44	4,35	4,41	4,33	4,39	4.36
2e »	3,07	3.11	3.23	3,36	3,07	3,16	3,13	3,11	3,24
3e »	3,82	3,74	3,81	4,05	3,92	4.05	4,07	4,07	4,12
Mois	3,71	3,74	3,77	3,94	3,77	3,86	3,83	3,84	3,89
Fraction de saturation en millièmes.									
1re décade,	815	847	788	750	716	735	761	790	807
2e »	896	863	814	769	670	722	738	777	857
3e »	904	876	741	695	634	667	761	781	821
Mois	869	861	784	741	676	711	753	783	829

	Therm. min.	Therm. max.	Clarté moyenne du Ciel.	Température du Rhône.	Eau de pluie ou de neige.	Limnimètre.
	°	°		°	mm	p.
1re décade,	— 0,12	+ 5,19	0,82	4,69	38,2	38,0
2e »	— 5,58	+ 1,08	0,81	3,75	12,2	39,7
3e »	— 2,31	+ 4,77	0,85	4,33	2,3	39,5
Mois	— 2,70	+ 3,60	0,83	4,27	52,7	39,0

Dans ce mois, l'air a été calme 1 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 1,02 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 47°,2 O. et son intensité est égale à 11 sur 100.

TABLEAU

DES

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AU SAINT-BERNARD

pendant

LE MOIS DE FÉVRIER 1865.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.

MAXIMUM.	mm	MINIMUM.	mm
Le 2, à midi..........	552,75	Le 1, à 10 h. matin..	547,10
7. à 10 h. soir.....	560,38	3, à 8 h. soir....	548,58
10, à 10 h. soir	554,65	9, à 10 h. matin..	551,40
14, à 6 h. soir	559,73	11, à 2 h. soir....	551,32
18, à 10 h. soir...	562,14	17, à midi	553,09
23, à 10 h. soir	567,19	20, à 6 h. soir...	554.23
27, à midi..........	564,11	25, à 6 h. matin..	556,61

Jours du mois.	Baromètre. Hauteur moy. des 24 heures.	Baromètre. Ecart avec la hauteur normale.	Baromètre. Minimum.	Baromètre. Maximum.	Température, C. Moyenne des 24 heures.	Température, C. Ecart avec la température normale.	Température, C. Minimum.[1]	Température, C. Maximum.[1]	Pluie ou neige. Hauteur de la neige.	Pluie ou neige. Eau tombée dans les 24 h.	Pluie ou neige. Nombre d'heures	Vent dominant.	Clarté moy. du Ciel.
	millim.	millim.	millim.	millim.	°	°	°	°	mm	mm			
1	548,21	−11,97	547,10	549,69	− 6,19	+ 1,25	− 8,9	− 5,0	145	9,7	16	NE. 2	1,00
2	551,79	− 8,37	550,36	552,75	− 9,25	+ 0,18	−10,2	− 7,9	60	5,8	5	NE. 1	0,91
3	548,89	−11,25	548,58	549,35	− 7,12	+ 2,29	− 8,5	− 4,3	190	15,8	13	variable	1,00
4	551,57	− 8,55	549,24	554,06	− 9,07	+ 0,33	−11,3	− 7,2	180	12,5	12	NE. 1	0,91
5	555,38	− 4,72	554,59	556,15	−10,03	− 0,65	−11,7	− 7,4	.....	......	......	NE. 1	0,61
6	557,46	− 2,62	556,25	558,51	−11,65	− 2,29	−13,2	−10,0	......	......	......	NE. 2	0,93
7	558,95	− 1,11	557,70	560,38	−11,87	− 2,53	−12,7	− 9,3	......	.....	.....	NE. 1	0,00
8	558,66	− 1,38	556,89	560,17	− 7,82	+ 1,49	−10,8	− 5,3	......	.....	......	NE. 1	0,50
9	552,11	− 7,92	551,40	553,88	−17,52	− 8,24	−20,3	−11,7	......	......	......	NE. 3	1,00
10	553,33	− 6,68	551,59	554,65	−21,41	−12,15	−22,5	−18,8	......	.....	......	NE. 3	0,83
11	551,94	− 8,05	551,32	553,01	−25,67	−16,44	−26,8	−22,2	......	......	......	NE. 3	0,49
12	553,73	− 6,25	552,73	555,39	−12,01	− 2,81	−16,0	− 9,1	......	......	......	NE. 1	0,68
13	557,74	− 2,22	555,94	558,96	−11,37	− 2,20	−13,1	− 8,3	......	......	.....	SO. 1	0,59
14	559,50	− 0,44	559,10	559,73	− 9,82	− 0,68	−12,2	− 6,7	....	......	......	NE. 1	0,00
15	557,61	− 2,32	557,43	558,05	−10,26	− 1,16	−12,2	− 8,1	......	......	......	NE. 1	0,00
16	556,01	− 3,90	555,69	556,53	− 7,88	+ 1,19	−12,7	− 3,5	.....	......	......	SO. 1	0,14
17	554,18	− 5,72	553,09	556,01	−10,98	− 1,95	−13,3	− 6,2	40	4,5	14	NE. 1	0,98
18	558,97	− 0,92	557,11	562,14	−10,73	− 1,74	−12,5	− 8,3	4	0,7	4	NE. 2	1,00
19	559,37	− 0,50	556,68	561,77	− 7,56	+ 1,89	− 9,9	− 4,5	.....	.....	......	NE. 1	0,40
20	554,84	− 5,02	554,23	555,58	−17,33	− 8,43	−19,2	−14,5	......	.....	......	NE. 3	0,97
21	558,20	− 1,64	555,14	560,52	−19,08	−10,22	−20,0	−17,3	......	......	......	NE. 3	1,00
22	560,54	+ 0,71	559,61	562,04	−16,76	− 7,94	−18,7	−13,5	......	......	......	NE. 1	0,67
23	564,84	+ 5,02	563,24	567,19	−12,75	− 3,98	−14,5	− 9,8	......	......	.....	NE. 2	0,77
24	563,53	+ 3,72	560,35	566,03	− 4,99	+ 3,73	−10,3	− 0,6	......	......	......	NE. 1	0,63
25	558,84	− 0,96	556,81	561,30	− 9,67	− 1,00	−11,1	− 8,1	30	2,5	5	NE. 1	1,00
26	562,16	+ 2,37	561,85	562,44	− 9,08	− 0,47	−12,2	− 6,0	......	......	......	SO. 1	0,00
27	563,68	+ 3,89	562,72	564,11	− 8,01	+ 0,55	− 9,7	− 5,0	.....	......	......	NE. 1	0,36
28	560,50	+ 0,72	559,06	561,81	− 2,61	+ 5,90	− 5,7	+ 3,4	. ...	.. ...	......	NE. 1	0,71

[1] Les chiffres renfermés dans ces colonnes donnent la plus basse et la plus élevée des températures observées de 6 h. du matin à 10 h. du soir, les thermométrographes étant hors de service.

MOYENNES DU MOIS DE FÉVRIER 1865.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s	8 h. s.	10 h.
					Baromètre.				
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade,	553,26	553,33	553,45	553,61	553,53	553,78	553,97	553,98	554,17
2e »	556,09	556,14	556,26	556,31	556,24	556,40	556,58	556,85	557,00
3e »	560,91	561,25	561,41	561,76	561,41	561,60	561,85	561,93	562,08
Mois	556,46	556,60	556,73	556,90	556,75	556,95	557,15	557,28	557,44
					Température				
	°	°	°	°	°	°	°	°	°
1re décade,	—11,19	—11,36	—10,50	— 9,90	— 9,70	—10,72	—11,66	—11,94	—12,41
2e »	—13,73	—13,04	—11,26	—10,00	—10,05	—11,17	—12,97	—12,94	—12,94
3e »	—12,45	—11,27	— 9,09	— 7,41	— 7,94	— 8,76	—10,77	—11,01	—11,46
Mois	—12,46	—11,93	—10,37	— 9,22	— 9,32	—10,32	—11,87	—12,03	—12,33

	Min. observé.[1]	Max. observé.[1]	Clarté moy. du Ciel.	Eau de pluie ou de neige.	Hauteur de la neige tombée.
	°	°		mm	mm
1re décade,	—13,01	— 8,69	0,77	43,8	575
2e »	—14,79	— 9,14	0,52	5,2	44
3e »	—12,79	— 7,11	0,64	2,5	30
Mois	—13,58	— 8,40	0,65	51,5	649

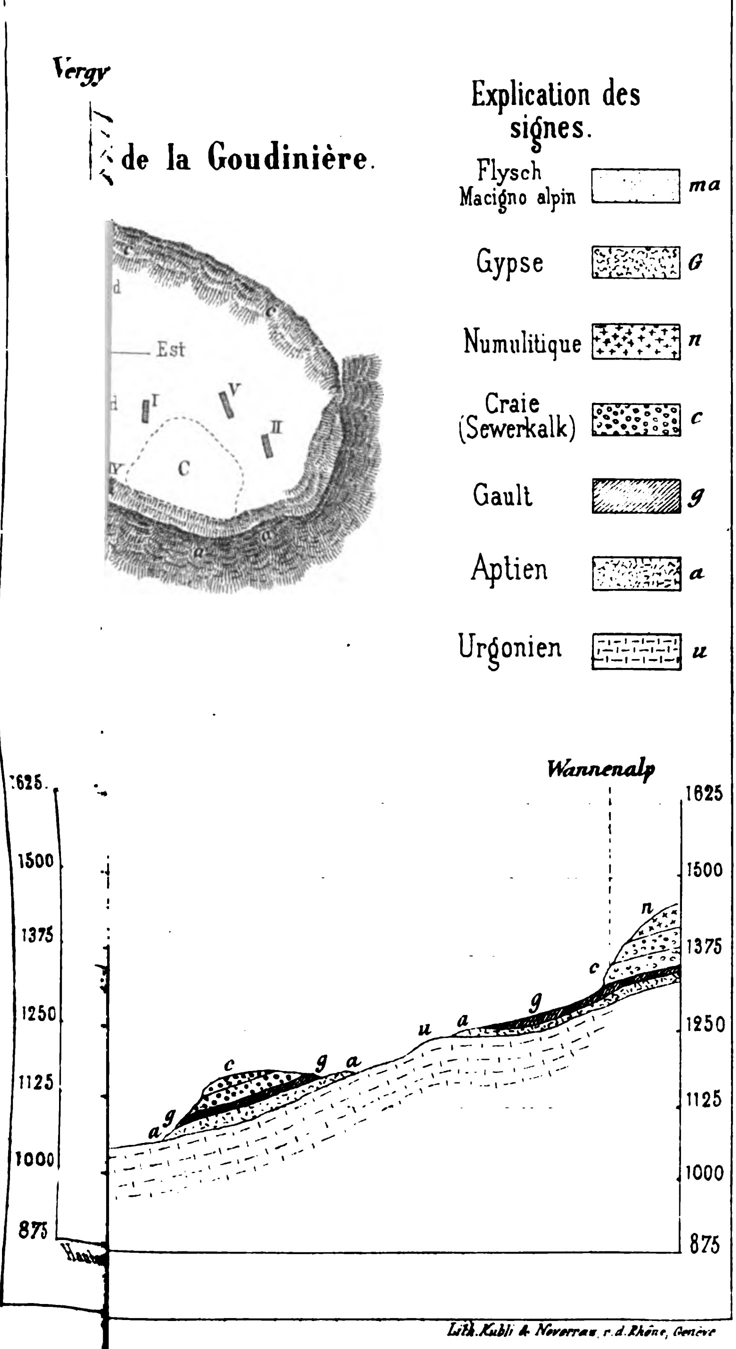
Dans ce mois, l'air a été calme 19 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 10,6 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 45°E., et son intensité est égale à 99 sur 100.

[1] Voir la note du tableau.

Mémoir



Lith. Kubli & Noverraz, r. d. Rhône, Genève

SUR L'ORIGINE

DES LACS ALPINS ET DES VALLÉES[1]

LETTRE ADRESSÉE A SIR RODERICK I. MURCHISON

PAR

M. ALPHONSE FAVRE,

Prof. à l'Académie de Genève.

Genève, le 12 janvier 1865.

Monsieur,

Je suis heureux que vous ayez bien voulu me demander ce que je pense de la nouvelle théorie, d'après laquelle les lacs alpins auraient été creusés ou affouillés par les glaciers, et de celle qui explique l'origine des vallées alpines au moyen de l'érosion produite par l'action des glaciers[2].

Je suis grand partisan de l'idée du transport par la

[1] Cette lettre a été publiée en anglais dans le *Philosophical Magazine*. Mars 1865.

[2] Un grand nombre d'arguments contre ces théories ont été indiqués dans divers mémoires, tels que ceux de MM. Ball (*Philosophical Magazine*, 1863, t. XXV, 81), Desor (*Revue Suisse*, 1860), Studer (*Archives des Sc. Physiques et Nat.*, 1863, t. XIX, p. 89), etc. Quel que soit mon désir de ne pas reproduire les raisonnements qui ont déjà été employés, il est presque impossible de ne pas y revenir quelquefois.

glace des blocs erratiques à l'époque de l'ancienne extension des glaciers, et comme Suisse je suis attaché à cette théorie qui mérite l'épithète de nationale. Je reconnais, cependant, qu'elle est accompagnée de certaines difficultés, mais je ne puis comprendre les deux autres théories, quoiqu'elles aient en leur faveur d'être soutenues par d'habiles naturalistes. En effet, on compte parmi eux M. Ramsay, géologue fort distingué, à qui une longue pratique dans le *Geological Survey* d'Angleterre a donné une grande habitude de l'observation et une grande sûreté de coup d'œil, M. de Mortillet qui connaît bien les Alpes, M. Tyndall dont les travaux de physique occupent le premier rang dans cette science, etc. Je respecte sincèrement la conviction des savants géologues qui ont développé ces théories et qui l'ont fait, je le reconnais, avec beaucoup de talent; je dirai même avec trop de talent; car, à mon sens, ils ont tiré parti de circonstances qui ne sont pas proportionnées à la grandeur des résultats auxquels ils sont arrivés.

Il est évident que les glaciers actuels usent les roches sur lesquelles ils se meuvent, puisqu'ils les polissent. Mais cette action est si faible, que je ne vois pas comment on en conclut qu'elle a pu creuser des bassins lacustres profonds de plusieurs centaines de pieds au-dessous du niveau moyen des vallées, même en supposant qu'elle s'est prolongée pendant un temps très-long. Je comprends encore moins comment cette action aurait pu creuser des vallées de plusieurs milliers de pieds de profondeur dans un massif rocheux grand comme les Alpes.

Il faut poser une limite à certains effets. Cette limite existe dans toutes les questions de géologie et il est in-

dispensable de l'établir. En voyant sur le bord de la mer une dune de 20 ou 30 mètres d'élévation se former au moyen de grains de sable poussés par le vent, serai-je en droit de conclure que dans quelques centaines de mille ans cette dune pourra atteindre la hauteur des Alpes ou celle de l'Himalaya? Non, évidemment.

Je ne veux point soutenir non plus que les glaciers n'aient eu aucune influence sur la forme des lacs et des vallées. Il me paraît impossible que des masses aussi considérables que celles qui se mouvaient dans les vallées à l'époque glaciaire n'aient pas façonné plus ou moins les bords de ces dépressions. Mais je ne puis me ranger à l'avis que les glaciers sont la cause première de la formation des bassins lacustres et des vallées. Je crois que les uns et les autres sont une conséquence directe de la formation des montagnes, et qu'ils doivent tous deux leur origine aux mouvements du sol.

Laissons maintenant ces raisonnements généraux et arrivons à des faits plus précis relatifs à l'origine du lac de Genève. D'après toutes les théories glaciaires, l'ensemble de tous les glaciers du Valais réunis à Martigny à une partie de ceux du massif du Mont-Blanc, formaient une masse énorme à laquelle on a donné le nom de glacier du Rhône. Il débouchait dans la plaine suisse par la vallée qui s'étend de Martigny à Villeneuve et avait une épaisseur minimum de 2300 à 2600 pieds [1].

Ce grand glacier s'étendait dans la plaine. Il a couvert de moraines, de blocs et de glaise à cailloux

[1] Charpentier, *Essai sur les glaciers*, p. 270 et 271. Je suis porté à croire que le glacier s'élevait au-dessus de cette limite et que, si l'on ne trouve pas des blocs au-dessus d'elle, cela vient de ce qu'ils ont roulé vers le bas.

striés tout le fond du bassin du Léman. La distribution de ces matériaux a été souvent étudiée. Ils sont répandus sur les deux rives du lac. Mais je ne pense pas que leur examen puisse faire conclure pour ou contre les hypothèses que je veux examiner.

Dans sa marche lente, mais continue, le glacier est venu frapper le Jura. Il est remarquable, comme l'a dit M. de Charpentier, que la hauteur maximum des traces qu'il a laissées, soit à peu près au Chasseron, montagne placée au N.-O. d'Yverdon, juste en face de la vallée du Rhône. Les blocs y atteignent une élévation de 3000 pieds au-dessus du lac de Neuchâtel[1]. De là, la limite supérieure des blocs s'abaisse successivement au nord et au sud, en sorte que nous pouvons donner le nom de *ligne médiane* à cette ligne qui joint l'embouchure du Rhône près Villeneuve au Chasseron. Au nord de la *ligne médiane*, la limite supérieure des blocs rejoint la plaine dans les environs de Soleure. Le glacier s'est terminé là, et a déposé les blocs remarquables du Steinhof à sa dernière limite. Au sud de la *ligne médiane*, le glacier a laissé des traces incontestables dans toute l'extrémité sud de la plaine suisse. Il a franchi la limite de cette plaine en passant le Mont-de-Sion et le défilé du Fort-de-l'Écluse. Ces faits sont connus depuis longtemps. On a lieu d'être surpris, en raisonnant d'après l'hypothèse du creusement du bassin du lac par le glacier, de ce que le lac n'a pas une forme allongée suivant la *ligne médiane*, c'est-à-dire de l'embouchure du Rhône au Chasseron, mais de ce qu'il s'étend suivant une courbe qui n'a aucun rapport avec cette ligne.

[1] Charpentier, *ibid*. Le lac de Neuchâtel est situé à 26 mètres au-dessus de celui de Genève.

Cette courbe du lac suit à peu près le pied des grandes montagnes placées sur la rive méridionale, au moins pour le grand lac. La profondeur du bassin est évidemment liée avec le voisinage des montagnes et l'inclinaison des couches ; c'est ainsi que près de Meillerie, là où les montagnes sont élevées et les couches verticales, le lac atteint son maximum de profondeur (265 mètres près de Meillerie et 300 mètres un peu plus à l'ouest)[1].

Cependant il est probable que dans cette localité le fond du lac est de même nature que ses rives, c'est-à-dire calcaire, et qu'il y a même des bancs de calcaire très-dur. Plus à l'ouest, là où le lac est placé dans la mollasse tertiaire, plus tendre que le calcaire, il n'atteint que 30 à 40 mètres de profondeur. Ce fait est d'une haute importance. Il me paraît inexplicable en supposant que le glacier ait creusé le bassin du lac ; au contraire il s'explique facilement, en liant cette dépression avec l'inclinaison des couches. Près de Meillerie les couches calcaires sont verticales et très-contournées : alors le lac est profond ; plus près de Genève les couches de mollasse descendent des deux rives sous les eaux avec une faible inclinaison : alors le lac est peu profond. Ceci démontre que la profondeur du bassin du lac est liée avec le redressement des couches, comme l'a dit M. Studer, et j'espère prouver plus loin qu'elle est liée au renversement de ces mêmes couches.

Passons maintenant à un autre sujet. Je crois que les faits observés dans les environs de Genève ont contribué à donner naissance à la *théorie de l'affouillement* des lacs, contre laquelle je m'élève. Les observations sur

[1] Carte des principales sondes du lac Léman, par H.-F. de la Bèche, 1827.

lesquelles elle est basée peuvent se résumer de la manière suivante : On trouve en aval du lac de Genève des dépôts considérables formés à leur partie supérieure de terrain glaciaire (glaise à cailloux striés et blocs erratiques) et à leur partie inférieure de l'alluvion ancienne de Necker. Ce dernier terrain est différent de l'alluvion ancienne de la plupart des savants qui ont écrit sur la géologie de la France. Nous avons aussi dans notre pays cette alluvion ancienne, je l'ai désignée dans l'*Explication* de ma carte géologique de Savoie[1] sous le nom d'alluvion des terrasses. Elle renferme l'*Elephas primigenius*. Elle est supérieure au terrain glaciaire et celui-ci est supérieur à l'alluvion ancienne de Necker, dont je veux dire quelques mots : Cette alluvion est composée de cailloux roulés et de sables souvent aglutinés par un ciment calcaire. On n'y voit aucun caillou strié. Les caractères principaux de ce terrain dans nos environs sont donc les suivants : il est antérieur au terrain glaciaire, il est placé en aval du lac de Genève et il renferme des cailloux tels que ceux d'Euphotide qui ne peuvent provenir que du Valais. Ces cailloux, par conséquent, ont franchi la dépression du lac. Mais comment ont-ils pu le faire, puisque leur position semble indiquer que leur transport a été antérieur au développement du glacier? Là était la difficulté. Pour la surmonter, on a supposé que les cailloux de l'alluvion ancienne ont été entassés par des courants antéglaciaires dans les profondeurs du lac, et que lorsque le glacier est arrivé, il a creusé la partie du lac qui avait été comblée, qu'il y a produit un grand affouillement et qu'il a étendu en avant

[1] *Archives*, 1862, t. XV, p. 248.

de lui toute cette énorme masse de cailloux qu'il avait retirée de cette grande dépression. Cette idée généralisée et appliquée à d'autres localités a donné lieu à l'hypothèse qui est connue sous le nom de théorie de l'affouillement. Je pense avoir été impartial dans cette exposition.

A cette théorie, je crois pouvoir faire des objections qui me paraissent très-sérieuses. D'abord, au moment où le glacier s'est mis en devoir de retirer des profondeurs du lac de Genève toute l'énorme masse de cailloux qui maintenant est déposée en aval, comment l'a-t-il fait ?

Le glacier cheminait-il sur la roche solide sans laisser entre elle et lui aucun amas de ces cailloux ? Mais s'il n'en laissait pas, il devait alors pousser devant lui une masse énorme de ces débris, une masse telle qu'on a de la peine à se la représenter, et cette manière d'agir aurait été d'autant plus singulière, que rien dans les causes actuelles n'autorise à faire cette supposition ; car, on ne voit nulle part de glacier poussant devant lui une accumulation de cailloux roulés. — Si, au contraire, le glacier recouvrait ces cailloux roulés, l'affouillement paraît bien difficile parce que la glace se modelant sur le fond qui la supporte fait peu cheminer les cailloux de la couche de boue qui se trouvent en dessous d'elle.

D'ailleurs, dans l'une et l'autre de ces suppositions, je ne puis comprendre comment le dépôt de l'alluvion ancienne aurait pu se faire en aval de Genève, sans qu'il y eût aucun mélange de glaise ou de boue glaciaire avec ces cailloux roulés. Or, un des caractères de cette alluvion consiste en ce qu'elle ne renferme jamais de boue glaciaire.

Mais voici une autre objection qui me paraît attaquer

plus directement encore la théorie de l'affouillement. Les partisans de cette théorie donnent au glacier qui a envahi anciennement notre lac une force assez grande pour lui faire retirer, de la profondeur de 300 mètres (près de Meillerie), tous les cailloux de l'alluvion ancienne. En se rapprochant de Genève, le lac est moins profond et le glacier avait encore à cet endroit la puissance nécessaire pour nettoyer le fond du lac de tous ces cailloux. Cette action aurait dû, ce me semble, se prolonger au delà, car nous savons que ce glacier s'est étendu à bien des lieues plus loin et qu'il a franchi le Mont-de-Sion et le passage du Fort-de-l'Écluse. Mais à environ un kilomètre en aval de Genève (au bois de la Bâtie), on voit, comme je l'ai dit, l'alluvion ancienne recouverte par le terrain glaciaire sur une très-grande étendue. A cet endroit on est forcé de conclure que le glacier n'a pas eu la force d'enlever cette alluvion ancienne et qu'il s'est étendu sur elle. Ne voit-on pas qu'on a imaginé que le glacier avait une puissance immense en amont de Genève et qu'on a la preuve évidente qu'il ne possédait pas cette force en aval de cette ville? Je crois donc que la vérité se trouve dans le fait qu'un glacier peut cheminer sur une étendue de cailloux roulés sans y produire d'affouillement. Par conséquent, les glaciers anciens n'ont pas eu la force d'enlever près de Genève l'alluvion ancienne sur laquelle ils ont laissé leurs traces, et à plus forte raison ils n'ont pas eu la force de retirer des cailloux roulés du fond du lac.

Ces cailloux qui forment l'alluvion ancienne en aval de Genève et qui sont placés en dessous du terrain glaciaire, me paraissent avoir été charriés et roulés par les torrents qui débouchaient du glacier du Rhône et du

glacier de l'Arve, lorsque ceux-ci s'avançaient jusque dans les environs de notre ville. Des faits de ce genre se voient en aval des glaciers actuels lorsqu'ils arrivent dans une plaine. Il y a presque toujours une certaine étendue de terrain occupée par des cailloux roulés qui sont formés, arrangés et nivelés par le torrent. Les cailloux qui font partie de l'alluvion ancienne et qui évidemment viennent du Valais ont traversé la dépression du lac lorsqu'elle était occupée par la glace. Ils ont fait ce voyage à l'état de gravier ou de blocs erratiques et ils n'ont été roulés que lorsqu'ils sont arrivés dans le torrent au pied du glacier. Plus tard, lorsque ce dépôt a été formé et nivelé, le glacier s'avançant a passé sur lui et, en se retirant, il a laissé à sa surface la boue glaciaire, les cailloux striés et les blocs erratiques que nous y voyons encore aujourd'hui.

J'ai cherché à démontrer qu'on ne pouvait admettre la théorie de l'affouillement pour expliquer la disposition du terrain glaciaire, et je me suis appuyé sur la faiblesse de la puissance excavatrice du glacier, prouvée par la présence du terrain glaciaire reposant sur un terrain meuble formé de cailloux roulés ; à plus forte raison je ne puis croire qu'un glacier ait jamais creusé le bassin d'un lac ou une vallée.

Si ces dépressions avaient été formées par les glaciers, on ne comprendrait pas pourquoi il n'y a pas de lac dans la vallée de l'Arve, dans la vallée de Chamounix ou dans le val d'Aoste. Les glaciers ont cependant séjourné plus longtemps dans les parties supérieures de ces vallées que dans la vallée du lac de Genève, avant, pendant et après l'époque glaciaire.

Les vallées de la Savoie et du Valais sont liées à la

structure des montagnes. Elles présentent une régularité remarquable, elles sont presque toutes perpendiculaires ou parallèles à la direction générale des Alpes. Parmi les premières on remarque la vallée du Rhône de Martigny au lac; celle de la Dranse qui a son embouchure près de Thonon; celle de l'Arve de Sallanches à Genève, la vallée du lac d'Annecy, celle de l'Isère, de Moutiers à Albertville et de Tigne à Bourg-Saint-Maurice, la vallée du Chapiu, celle de Courmayeur, etc. Parmi celles qui sont parallèles à la chaîne des Alpes, on compte la vallée du Rhône en amont de Martigny, les vallées de Chamounix, de l'Allée Blanche et d'Entrèves, le val d'Illiers, la vallée de Mégève et celle de l'Isère en aval d'Albertville etentre le Bourg-St-Maurice et Moutiers. Ne peut-on pas ranger dans cette dernière sorte de dépressions la partie du lac de Genève, placée entre cette ville et Rolle, qui est parallèle au grand axe anticlinal de la mollasse? Cet axe s'étend du Salève à Lausanne en passant par Boisy et se prolonge jusqu'en Bavière [1]. Cette partie du lac se trouve dans une *auge* formée par les couches de mollasse.

Quant à la portion orientale du lac qui est dirigée de l'ouest à l'est un peu sud-est, et qu'on regarde avec raison comme étant en partie placée dans une cluse, elle est liée à la forme courbée des montagnes qui se trouvent sur sa rive méridionale [2]. Pour le prouver, il fau-

[1] *Bullet. Soc. Géol. de France*, 1862, t. XIX, p. 928, et *Archives*, 1862, t. XIV, p. 217.

[2] Ce n'est pas seulement sur la rive méridionale du lac de Genève que les chaînes de montagnes présentent une forme circulaire ou semi-circulaire. Cette courbure est plus développée encore dans les montagnes de la rive gauche de l'Arve que dans

drait entrer dans des détails minutieux sur la direction des diverses parties des chaînes qui seraient mal placés ici ; mais je puis citer une ancienne autorité que personne ne récusera, et cette citation montrera que le lac présente à peu près la forme des montagnes. «*La direction commune de ces chaînes et de ces vallées*, nous dit de Saussure[1], en parlant de la région placée sur la rive droite de l'Arve (entre l'Arve et le Rhône), *est à peu près celle de la chaîne totale, qui dans notre pays court du N.-E. au S.-O. Mais cette direction générale varie en quelques endroits et souffre des inflexions locales. On voit, du haut du Môle, les chaînes de montagnes, qui dans son voisinage courent à peu près au N.-E., suivre de loin* LA COURBURE DU LAC, *et vers la frontière du Valais se diriger à l'est; comme* LE FAIT LE LAC LUI-MÊME *entre Rolle et Villeneuve.*» Cette forme peut se reconnaître sur ma carte géologique de la Savoie.

Ces grands traits si caractéristiques de la région des Alpes qui nous avoisine établissent une solidarité évidente entre la forme, la position du bassin du lac, l'orographie du sol et la cause qui a élevé le massif des Alpes au-dessus du niveau moyen des continents.

La position de la plupart des lacs alpins nous révèle encore la liaison qui existe entre les montagnes et les bassins lacustres ; presque tous se trouvent à la lisière des Alpes, c'est-à-dire à la jonction des couches de mollasse et des chaînes calcaires. Ils pénètrent même souvent dans l'intérieur des chaînes, en admettant que les

celles de la rive droite. Voyez sur ce sujet une note que j'ai publiée dans le Report of the bristish association for the advancement of sciences of Oxford, 1860. Notices et abstracts, p. 78.

[1] *Voyages*, §. 280.

marais qui sont presque toujours à leur partie supérieure font partie du lac. Tels sont les lacs de Genève, de Thoune, de Lucerne, ceux de Zurich et de Wallenstadt qui ne forment qu'une seule espèce de lac au point de vue orographique et le lac de Constance. Dans les Alpes bavaroises et autrichiennes on trouve encore les lacs de Walchen, de Kochel, de Tegern, de Schlier, de Mond, d'Atter, de Traun, etc., à la lisière des Alpes.

Cette position si remarquable est-elle le résultat du hasard ou n'est-il pas probable que, dans la loi de structure des Alpes, il y a eu une circonstance qui a formé les bassins lacustres à peu près à la limite de cette grande chaîne et de la plaine ?

Cette circonstance avait été indiquée par de Saussure lorsqu'en décrivant les montagnes placées sur la rive droite de la vallée de l'Arve, il remarquait que les plus intérieures *tournent le dos à la partie extérieure des Alpes* [1]; mais que les chaînes extérieures tournent le dos à la chaîne centrale, c'est-à-dire que leurs couches sont redressées contre le lac de Genève.

Depuis de Saussure le sujet a été éclairci et les travaux que vous avez publiés sur les Alpes, ont largement contribué à jeter du jour sur cette question [2]. Il est maintenant reconnu que sur la plus grande partie de la distance énorme qui sépare les environs de Genève des Alpes orientales en Autriche, il y a eu, à la limite des Alpes et de la plaine, un renversement de couches tel que fort souvent les couches anciennes reposent sur les couches modernes. On comprend qu'un

[1] *Voyages*, § 282.

[2] Quaterly of Geologic Society, 1848, t. V, p. 182, 195, 197 et 200.

mouvement produit dans les couches, et qui est assez fort pour que celles qui sont à la surface du sol arrivent à être renversées, produise un affaissement dans celles qui sont au-dessous de cette surface, par un système de bascule. En particulier, pour le lac de Genève, ce renversement a été bien constaté sur ses deux rives, sur celle du nord aux Pleyaux près Vevey, et sur la rive méridionale aux Voirons à l'est de Genève. Ces deux montagnes sont toutes deux placées à la lisière de la chaîne des Alpes.

Pour bien saisir la liaison qui existe entre le renversement des couches sur cette ligne et les grandes profondeurs du lac, il faut indiquer, sur la carte des sondes du lac par de la Bèche, la position de la crête des Voirons, celle des Allinges au sud de Thonon et celle des Pleyaux près Vevey [1]. On peut aussi, et c'est peut-être plus facile, indiquer sur la carte géologique de Savoie que j'ai publiée, les principales sondes du lac devant Meillerie et Évian. Ensuite, il faut joindre par une ligne (mais non par une ligne droite, parce que les chaînes du bord du lac sont courbées), les Voirons et les Pleyaux, en faisant passer cette ligne par le Calvaire (Voirons) formé de macigno alpin, par les Allinges, par le point où affleure le macigno alpin (M) dans le lit de la Dranse à quatre kilomètres de Thonon et par la ville d'Évian. Cette ligne telle que je la trace vient aboutir aux Pleyaux, en

[1] Cette montagne nommée, Pleyaux ou Playaux, est indiquée, sur la carte fédérale, sous le nom de Pléïades. Pour en faciliter l'indication sur ma carte géologique de Savoie, où elle n'est pas marquée, je dirai qu'elle est placée à six kilomètres de l'embouchure de la rivière qui se jette entre Vevey et Corsier, et à cinq kilomètres et demi de la pointe de Montreux.

passant sur la rive nord du lac entre Corsier et St-Saphorin. Elle indique à bien peu de chose près la ligne du renversement des couches placé à la lisière des Alpes. Elle offre un certain parallélisme avec les affleurements des différents terrains tracés sur ma carte géologique de Savoie, et elle passe au milieu des sondes de la plus grande profondeur du lac. Par conséquent, cette profondeur est liée au renversement des couches. C'est là, j'en suis persuadé, que se trouve la vraie cause de l'origine des bassins lacustres[1].

De l'ensemble de ces faits on peut conclure :

1° Que le lac de Genève n'est pas tracé suivant la ligne médiane ou centrale des glaciers réunis qui s'étendaient du Rhône au Jura ;

2° Que ces anciens glaciers n'ayant pas eu la force d'enlever l'alluvion ancienne en aval de Genève, n'ont pu produire dans les bassins lacustres ce qu'on nomme

[1] *P. S.* Il est possible que la ligne de fracture qui a donné naissance à la vallée du Rhône en aval de Martigny, en s'infléchissant vers l'ouest, coupe la ligne du renversement des couches de la lisière des Alpes dans l'espace occupé par le lac de Genève et qu'une partie de ce bassin soit placé au point où se croisent ces deux lignes de dépression ; mais cela ne résulte pas clairement de l'inspection de la carte, l'extrémité orientale du lac n'étant pas le prolongement direct de la ligne du Valais. Je crois cependant qu'un grand nombre de lacs alpins se trouvent au point où la dépression des vallées croise la dépression du renversement des couches de la chaîne extérieure des Alpes. Si les lacs alpins pénètrent dans l'intérieur de la chaîne, comme le font quelques-uns d'entre eux, cette situation n'est-elle pas due à ce que la dépression des vallées coupe les plis, les auges et les redressements des couches, formant une ou deux chaînes placées un peu plus à l'intérieur des Alpes que celle qui est à la limite de la plaine ? L'examen de la forme du lac de Lucerne vient tout à fait à l'appui de cette manière de voir. — 22 mars 1865.

l'affouillement. S'ils n'ont pu creuser ces bassins, ils ont encore moins creusé les vallées qui y aboutissent.

3° Les vallées et les bassins des pays de montagnes sont liés avec la cause qui a donné aux chaînes leur caractère orographique et aux couches leurs positions plus ou moins inclinée.

4° Nous avons vu que pour les lacs alpins en général, et pour celui de Genève en particulier, leur situation était déterminée par une ligne de redressement ou de renversement des couches. Nous avons vu encore que la forme du lac de Genève lui était donnée, dans sa partie orientale, par la courbure des montagnes de sa rive méridionale, et dans sa partie occidentale par son parallélisme avec le grand axe anticlinal qui traverse la Suisse.

5° Enfin nous avons remarqué que sa plus grande profondeur est située sur la ligne du renversement des couches qui existe à la jonction des Alpes et de la plaine.

Par conséquent les bassins semblables à celui du lac de Genève ne sont pas le résultat d'une cause externe au globe, mais ils sont un effet de la *volcanicité*, ce mot étant pris dans le sens qui lui a été attribué par Humboldt, savoir : l'influence qu'exerce l'intérieur d'une planète sur son enveloppe extérieure dans les différents stades de son refroidissement.

Veuillez agréer, Monsieur, etc.

A. FAVRE.

P.-S. Depuis que je vous ai envoyé ma précédente lettre, j'ai lu avec un extrême intérêt votre adresse à la

Société géographique de Londres, du 23 mai 1864, que vous avez bien voulu me faire parvenir. Je trouve dans ce travail un résumé clair et précis de l'état de la question, ainsi que des documents fort utiles recueillis dans toutes les parties du monde. J'y vois avec plaisir que nous portons le même jugement sur la théorie de l'affouillement des lacs et sur celle du creusement des vallées par les glaciers. Vous vous servez, Monsieur, de plusieurs arguments d'une haute importance contre cette manière de voir et vous avez déjà développé l'idée dont j'ai parlé, savoir : que la forme du lac de Genève est sans liaison avec la direction suivie par la partie la plus puissante du glacier du Rhône, qui cheminait du Valais dans la direction d'Yverdon, suivant ce que j'ai appelé la ligne médiane.

Veuillez, Monsieur, être assez obligeant pour insérer cette remarque à la suite de ma lettre du 12 janvier.

Genève, le 22 janvier 1865.

A. F.

NOTICE

sur les

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

ACTUELLES EN SUISSE,

PAR

M. ALFRED GAUTIER.

Prof. *A. Mousson*. Bericht über die Organisation meteorologischer Beobachtungen in der Schweiz. (Brochure in-8 de 120 pages et 1 carte.) — Prof. *E. Plantamour*. Recherches sur la distribution de la température à la surface de la Suisse, pendant l'hiver de 1863 à 1864. (Brochure in-8 de 46 pages et 1 tableau.)

Les deux brochures, l'une en allemand, l'autre en français, dont je viens de rapporter le titre, ont été lues par leurs auteurs lors de la réunion de la Société helvétique des sciences naturelles qui a eu lieu à Zurich vers la fin d'août 1864, et elles ont paru dernièrement dans les Actes de cette session de la Société. Je me propose de donner ici une analyse de ces deux publications, dont l'une expose le plan général d'organisation du système d'observations météorologiques récemment établi en Suisse, et dont l'autre offre déjà un exemple partiel des intéressants résultats auxquels ce plan peut donner lieu.

RAPPORT DE M. LE PROFESSEUR MOUSSON.

M. Mousson, après avoir rappelé, au commencement de son Rapport, que la Société helvétique des sciences

naturelles avait déjà établi, en 1823, un premier système d'observations météorologiques, qui a été poursuivi pendant quelques années dans douze des principales villes de la Suisse, expose que M. l'ex-conseiller fédéral Pioda, dans la réunion de la Société à Lugano, en 1860, encouragea puissamment l'organisation d'un système plus complet d'observations de ce genre, réparti sur toute la Suisse; et que la Société chargea alors une commission, composée de MM. les prof. Wild de Berne, Kopp de Neuchâtel et Mousson de Zurich, de s'occuper d'un plan d'exécution de ce projet.

Cette commission présenta à la Société, le 20 août 1861, dans sa session suivante tenue à Lausanne, un premier rapport, rédigé par M. Mousson, et contenant une série de propositions, qui furent adoptées par la Société, et dont je vais rapporter ici les principales:

Première proposition. — « Le but de l'entreprise consiste à déterminer l'influence d'un pays montagneux, tel que la Suisse, sur les phénomènes généraux de l'Europe. A cet effet, on établira, suivant des lignes longitudinales et transversales aux chaînes de montagnes, des séries de stations, où seront observés, au moyen d'instruments comparés et suivant les mêmes règles, les mêmes éléments météorologiques. La durée des observations est fixée à trois ans, au bout desquels l'entreprise sera ou terminée ou soumise à une révision. Les éléments météorologiques qu'on observera seront la pression de l'air, sa température, son humidité, la direction et l'intensité approximative du vent, la quantité de pluie et de neige, l'aspect du ciel, les phénomènes extraordinaires et les époques principales de la végétation.

« En conséquence, chaque station sera dotée d'un ba-

romètre, d'un psychromètre, dont le thermomètre sec servira également à mesurer la température de l'air, d'un pluviomètre et d'une girouette. Ces instruments devront remplir certaines conditions d'exactitude ; ils seront comparés avant et après leur emploi ; ils seront mis en place par un expert et observés d'après des instructions détaillées communes.

« Les stations qui ne sont pas pourvues de bons instruments en seront dotées par l'entremise de la Société. Un observateur qui, pendant les trois ans, aura consciencieusement rempli ses engagements, entrera après ce temps en possession des instruments qui lui avaient été confiés. Les indications des instruments seront inscrites trois fois par jour, à 7 heures du matin, à 1 heure après midi et à 9 heures du soir. Sur deux stations, Berne et le St-Gothard, seront établis des instruments à indications propres, et ces stations serviront de points d'appui à tout le système. Les tableaux mensuels seront, autant que possible, dressés de suite et publiés plus ou moins complétement. »

Deuxième proposition. — « La Société demandera au Département de l'intérieur du Conseil fédéral suisse d'appuyer le projet actuel, en allouant une subvention pour l'organisation des observations, et en invitant les gouvernements cantonaux à se charger de la dotation des stations situées sur leur territoire. »

Troisième proposition. — « La Société nommera une commission plus nombreuse, qui sera chargée de l'exécution de toute l'entreprise. »

Cette nouvelle commission, qui a été élue à cette même époque, se compose des trois membres de la première, auxquels ont été adjoints MM. les professeurs Plantamour

de Genève, Charles Dufour de Morges, Rodolphe Wolf de Zurich, Fr. Mann de Frauenfeld et Ferri de Lugano. M. Mousson a été élu président de la commission, et M. l'ingénieur Albertini, de Samaden en Engadine, a été appelé plus tard à en faire partie, pour l'inspection des stations situées dans les hautes régions de l'est et du sud du canton des Grisons.

Les Conseils de la Suisse, auxquels tout le projet a été soumis, l'ont approuvé, par une décision en date du 4 février 1862, et ont accordé la subvention demandée. La commission ayant aussi trouvé un accueil favorable, soit auprès des gouvernements cantonaux pour venir à l'aide de l'entreprise, soit auprès d'un grand nombre de personnes d'états divers, qui ont consenti à se charger, pendant trois ans, des observations dans les localités qu'elles habitent, a pu, tant d'après le personnel à sa disposition, que d'après l'intérêt scientifique que présentaient ces localités, établir son réseau sur toute la Suisse. Ce réseau se compose de 88 stations d'observations météorologiques, réparties dans les 22 cantons comme suit :

19 stations dans le canton des Grisons,
10 » » de Berne,
8 » » du Valais,
7 » » de Vaud,
6 » » du Tessin,
5 » » d'Argovie,
4 » » de St-Gall,
3 stations dans chacun des cantons de Zurich, Soleure, Schwytz et Neuchâtel,
2 stations dans ceux de Fribourg, Schaffhouse, Thurgovie, Underwald, Glaris et Uri,
et 1 dans chacun des cinq autres cantons, dont Bâle et Genève font partie.

La grande et belle carte topographique que possède maintenant la Suisse, grâce aux travaux persévérants de ses ingénieurs et d'habiles graveurs, sous l'excellente direction du général Dufour, permettait de connaître à l'avance exactement la hauteur de chaque station au-dessus du niveau de la mer, ou ce qu'on nomme l'*altitude* de la station, ainsi que sa longitude et sa latitude géographiques.

Entre ces stations, il s'en trouve :

12	où l'altitude est	comprise entre	200 et 400	mètres,
26	»	»	400 et 600	»
18	»	»	600 et 1000	»
17	»	»	1000 et 1600	»
9	»	»	1600 et 2000	»
3	»	»	2000 et 2200	»
2	»	»	2200 et 2600	»

Les plus basses de ces stations sont celles de Locarno (altitude 218 m.), Bellinzone, Lugano et Bâle ; les plus élevées sont celles du Simplon, du Bernardin, du St-Gotthard, du Julier et du St-Bernard, cette dernière étant la plus haute de toutes (altitude 2478 m.).

Ces grandes différences de niveau du réseau météorologique suisse constituent un de ses traits caractéristiques les plus intéressants sous le rapport scientifique.

Les stations de ce réseau peuvent aussi être réparties en dix sections, suivant leur position relativement aux montagnes.

La première, située à l'ouest du Jura, comprend Bâle et Porrentruy.

La deuxième, celle des hautes vallées du Jura, va du Sentier (vallée de Joux), à Ste-Croix, à la Chaux-de-Fonds, à St-Imier et à Zurzach.

La troisième, celle des cimes du Jura, comprend le Marchairuz, Chaumont, le Weissenstein, Bœtzberg et Lohn.

La quatrième section comprend les stations au pied et à l'est du Jura, de Dizy (canton de Vaud), Neuchâtel, Soleure, Olten, Arau, Kœnigsfeld et Schaffhouse.

La cinquième est la principale ligne de la basse Suisse, allant de Genève à Morges, Fribourg, Berne, Affoltern, Muri, Zurich, Winterthur, Frauenfeld et Kreuzlingen, près du lac de Constance.

Les cinq autres sections, dont il serait trop long d'énumérer ici toutes les stations, comprennent :

La ligne du pied nord des Alpes, avec 5 stations ;

Les diverses vallées du nord des Alpes, avec 16 stations ;

Les grandes vallées du Rhône, du Rhin et de l'Engadine, avec 15 stations ;

Les hautes cimes alpines de la Suisse, avec 9 stations ;

Enfin le pied sud des Alpes, avec 4 stations.

Le rapport de M. Mousson est accompagné d'une petite carte de la Suisse, où toutes ces stations se trouvent marquées.

Un des buts de l'entreprise est la détermination comparative des circonstances météorologiques au nord et au sud des Alpes, en confirmation de ce que l'on sait déjà au sujet de la puissante influence de cette chaîne sur le climat des régions avoisinantes. Il se trouve dans le réseau une ligne qui la traverse par le St-Gothard, entre Altorf et Bellinzone, et une autre moins directe dans les Grisons, entre Coire et Brusio, en passant par le mont Julier. Nous verrons plus bas comment M. Plantamour a déjà étudié ce sujet au point de vue des températures.

M. Mousson indique encore un sujet spécial de recherches auquel pourra servir le réseau suisse d'observations: c'est celui qui se rapporte au vent du midi appelé *fœhn*, qui est parfois très-violent dans la Suisse allemande. Il y a des météorologistes qui le font venir de l'océan Atlantique et des Antilles, tandis que d'autres le croient originaire des déserts d'Afrique. Les observations hygrométriques seront surtout utiles pour décider la question, car si ce vent est chaud et humide, il est probable qu'il vient de l'océan, tandis que s'il est sec on peut présumer qu'il vient d'Afrique.

Les personnes qui se sont volontairement chargées de faire ou de faire faire les observations, pendant trois ans, dans la station qu'elles habitent, ont des vocations très-diverses. Quatre seulement sont attachées à des observatoires astronomiques: ce sont MM. Wolf à Zurich, Plantamour à Genève, Hirsch à Neuchâtel et Wild à Berne; douze sont des ecclésiastiques protestants, neuf des curés ou des chanoines catholiques. On trouve ensuite parmi les observateurs 14 maîtres d'écoles cantonales, 11 régents, 6 médecins, 5 pharmaciens, 3 horlogers, 3 télégraphistes, 9 maîtres d'hôtel, etc.

Les membres de la commission se sont répartis entre eux la direction et l'inspection des travaux dans les diverses stations de leur voisinage. Ainsi M. Plantamour s'est chargé des 9 stations des cantons de Genève et du Valais; M. Dufour de celles de Vaud et de Fribourg, qui sont aussi au nombre de 9; M. Mousson de 12 stations situées dans plusieurs cantons, M. Wolf de 10 stations, et ainsi de suite.

Les années 1862 et 1863 ont été consacrées par la commission à la construction et à l'établissement des ins-

truments, ainsi qu'à l'inspection des stations, à la rédaction et à la publication d'instructions appropriées au but de l'entreprise. Chaque station nouvelle possède: 1° un baromètre à cuvette construit par MM. Hermann et Studer, mécaniciens à Berne, dont le tube a 9 millimètres de diamètre et la cuvette 120 millimètres. Sa division sur laiton va de 540 à 760 millimètres; elle est munie d'un vernier donnant le 10e de millimètre, et une pointe d'acier placée dans la cuvette sert à régler à chaque observation le point de départ de la division; un thermomètre à échelle centigrade, faisant corps avec le tube de verre, y est joint. 2° Un psychromètre, composé de deux thermomètres, construits par Geissler à Bonn, et munis d'une division sur verre opaque en cinquièmes de degré centigrade, donnant à chaque degré une longueur de $3\,^1/_2$ millimètres. Le vase d'eau du thermomètre à boule humide est placé de côté, et l'humidité se communique à la boule par un fil de coton ou une mèche d'aspiration capillaire.

Les autres instruments sont une girouette, ou anémomètre de construction simple, servant à la fois pour déterminer la direction et la force approximative du vent, et un *ombromètre* pour mesurer la pluie. On y a joint aussi, pour les stations où on a de la peine à avoir l'heure exacte, une espèce de cadran solaire, qui permet de la déterminer à une minute près quand le soleil luit. Les observateurs doivent noter aussi par des numéros le degré de sérénité du ciel.

Comme il se trouvait déjà un certain nombre de stations pourvues de bons instruments, il n'y a eu que 70 baromètres, 58 psychromètres, 63 girouettes, 71 ombromètres et 19 cadrans solaires à confectionner. On a substitué, dans 19 stations élevées, un thermomètre ordinaire

aux deux du psychromètre, qui auraient été d'un emploi difficile dans ces localités. Il me paraîtrait utile, dans de tels cas, de recourir pour apprécier l'humidité de l'air, à l'hygromètre à cheveu de De Saussure, dont M. Quetelet a encore récemment reconnu la valeur.

D'après M. Mousson, tous les instruments répondent bien, par leur exécution, au degré de précision désiré; MM. Hermann et Studer ont mis beaucoup de zèle dans la construction et l'établissement de ceux qui leur ont été confiés. Les membres de la commission ont fait des tournées d'inspection, chacun dans le cercle de stations de son ressort, pour s'assurer de l'installation convenable des instruments. M. Plantamour a rédigé pour eux une instruction à l'occasion de leur première tournée. M. Wild a publié, en 1863, des instructions plus étendues pour les observateurs. Les heures d'observation de 7 h. du matin, 1 h. et 9 h. du soir ont dû être choisies, non-seulement en vue du but scientifique à remplir, mais aussi pour la commodité des observateurs, qui se trouvent, en général, chez eux et libres d'autres occupations en ces moments-là. M. Plantamour a constaté, d'après les observations de Genève, que la moyenne des observations, en ces trois instants, ne s'écartait guère plus de la vraie moyenne diurne que celle des heures de même chiffre du matin et du soir.

On sait que, depuis bien des années, il se fait à l'observatoire de Genève et à l'hospice du Grand St-Bernard des observations météorologiques diurnes de deux en deux heures, au nombre de neuf, de 6 h. du matin à 10 h. du soir. M. Plantamour a obtenu des Pères de l'hospice du Simplon, desservi par des religieux du même ordre, le même système d'observations. Leur zèle mérite

la reconnaissance des amis de la science, comme leur charitable dévouement celle de tous les amis de l'humanité. La station de Berne présente un avantage spécial. Son observatoire, dirigé par M. Wild, possède une série d'instruments météorologiques, munis d'appareils servant à enregistrer par eux-mêmes leurs indications, et il est question d'établir à l'hospice du St-Gothard une collection d'instruments du même genre.

Les observations régulières ont commencé dans le plus grand nombre des stations avec le mois de décembre 1863, premier mois de cet hiver-là. Les tableaux mensuels manuscrits des observations sont envoyés au bureau central de la commission météorologique, établi à l'observatoire de Zurich, sous la direction de M. le prof. Wolf. Ce bureau se charge de leur publication, qui a lieu à Zurich mois par mois, par cahiers in-4° de 6 à 7 feuilles d'impression. Vu les difficultés de tout genre qu'on éprouve au commencement d'une entreprise de cette espèce, le premier cahier, comprenant les observations de décembre 1863, n'a paru qu'en mai 1864. Les tableaux relatifs aux trois stations indiquées plus haut, où les observations se font de deux en deux heures, y donnent les moyennes horaires observées ou interpolées. Les observations de Berne présentent aussi plus de détails que les autres. Il y a, en revanche, un certain nombre de stations où les tableaux imprimés ne donnent qu'une seule observation par jour pour le baromètre, l'humidité et le vent. A la fin de chaque cahier se trouve un relevé général des moyennes mensuelles pour toutes les stations, classées par cantons, avec les *maxima* et *minima* mensuels et les amplitudes diurnes moyennes. Le dernier cahier qui ait paru est celui des observations d'août

1864 ; mais il paraît que les observations de 1865 commenceront à être publiées en même temps que celles des derniers mois de 1864.

La dernière section du Rapport de M. Mousson à la Société helvétique des sciences naturelles, en août 1864, est relative à la partie financière des opérations de la commission météorologique.

Cette commission avait reçu, à la fin de 1863, environ 26,000 fr., dont 16,000 de la caisse fédérale, pour 1863 et 1864, 8000 des gouvernements cantonaux et 2000 de souscriptions diverses.

Ses dépenses se sont élevées, pendant ces deux années, à peu près à la même somme. Le coût des instruments a été d'un peu plus de 15,000 fr., ce qui correspond à environ 210 fr. par station, à raison de 72 à fournir d'instruments neufs. Les dépenses du transport et de l'établissement des dits instruments se sont élevées à 6200 francs ; celles d'impression d'instructions et de tableaux, de frais de port, etc. à environ 4600 fr.

La commission évalue ses dépenses, pour 1865, à 11,600 fr., dont 3000 fr. pour le bureau central et ses calculateurs, 7000 pour l'impression des tableaux d'observations et 1600 pour frais divers.

Ses ressources, dans cette même année, se composent de 10,000 fr. obtenus de la caisse fédérale, par l'intervention favorable de MM. les conseillers Pioda et Schenck, et de 1600 fr. qu'on espère se procurer par des souscriptions au recueil imprimé des observations, à raison de 20 fr. par exemplaire, pour chaque année. Il est fort à désirer qu'un bon nombre de personnes et d'institutions encouragent par ce moyen cette entreprise [1].

[1] Le rapport proprement dit de M. Mousson n'occupe que 54

MÉMOIRE DE M. LE PROFESSEUR PLANTAMOUR.

Je passe, maintenant, à l'analyse du mémoire présenté aussi en août 1864, par M. Plantamour, à la Société helvétique des sciences naturelles : *Sur la distribution de la température à la surface de la Suisse pendant l'hiver de 1863 à 1864*; mémoire qui offre un premier échantillon des résultats scientifiques auxquels le réseau d'observations météorologiques dont je viens de parler peut donner lieu.

Le but spécial que l'auteur s'est proposé dans ce travail, est la comparaison de la température moyenne en décembre 1863, janvier et février 1864, dans toutes les stations suisses (au nombre de 76 en activité à cette époque), ainsi que de l'amplitude de l'excursion diurne thermométrique; afin de trouver, d'abord, la loi ou la formule générale par laquelle ces températures peuvent être liées entre elles; et par suite les influences locales, manifestées par les écarts entre les résultats de la formule et ceux de l'observation, en chaque station particulière.

Il a pris pour la température moyenne mensuelle en chaque station, celle résultant des moyennes des trois observations de chaque jour ; cette moyenne s'écarte fort peu de la vraie moyenne, comme nous l'avons vu plus haut, et la très-faible correction à y faire serait sensiblement la même pour toutes les stations Il a adopté pour mesure de l'amplitude thermométrique diurne, la différence entre la température observée à 1 h. après-midi et à 7 h. du matin, différence plus faible, il est vrai, que

pages; mais il est suivi de divers tableaux et pièces à l'appui, dans le détail desquelles je ne puis entrer ici.

l'excursion réelle dans les 24 heures, mais qui en diffère très-peu en hiver.

Recherche d'une formule générale pour les températures.

« La température moyenne d'une localité, dit M. Plantamour, pendant un laps de temps donné, dépend d'abord de circonstances générales, dont l'influence peut être exprimée par une loi et traduite en chiffres par une formule, savoir de l'altitude, de la longitude et de la latitude; puis de circonstances locales, dont l'influence ne peut pas être représentée par une formule. Le chiffre exprimant la valeur de l'influence due aux circonstances locales ne peut pas, par conséquent, être calculé et déterminé *a priori*; il ressort *a posteriori* de la comparaison entre la température observée, et la température calculée par la formule qui tient compte des circonstances générales. D'un autre côté, la valeur numérique des coefficients, ou des constantes qui entrent dans la formule, ne peut pas être déterminée *a priori;* il faut la calculer dans chaque cas, à l'aide des températures observées dans les différentes stations. Or, comme les chiffres fournis par l'observation renferment l'influence des circonstances locales, qui peuvent agir tantôt dans un sens, tantôt dans le sens opposé, il importe de multiplier, autant que possible, le nombre des stations, et de les choisir dans des circonstances aussi variées que possible, afin que leur effet soit compensé et éliminé dans le résultat. »

Pour parvenir à sa formule, M. Plantamour a dû d'abord éliminer les données fournies par les stations situées au sud de la chaîne des Alpes. « Cette puissante barrière, dit-il, exerce une telle influence sur les deux versants

opposés, que l'on serait obligé d'exprimer par une fonction discontinue l'action de la latitude dans le passage de l'un à l'autre. J'ai, par conséquent, laissé de côté, dans le calcul des formules, les sept stations des cantons du Tessin et des Grisons qui sont au sud des Alpes; puis, par la comparaison avec la température qui leur serait assignée par les formules, j'ai essayé d'évaluer ensuite l'excédant de chaleur qu'elles doivent à leur position. »

Les 69 stations dont il a fait entrer les données dans ses premiers calculs sont réparties: 1° pour l'altitude, entre Bâle (275^{m}) et le Grand St-Bernard (2478^{m}); 2° pour la longitude en temps à l'est de Paris, entre 0 h. 15 m. (Genève) et 0 h. 32 m. (Remüs, dans les Grisons); 3° enfin, pour la latitude boréale, entre 45°52' (Grand Saint-Bernard) et 47°45' (Lohn, canton de Schaffhouse).

M. Plantamour a adopté 0 h. 24 m. et 46°50' pour longitude et latitude moyennes, et il a introduit dans sa formule générale un terme dépendant du premier de ces éléments, affecté d'un coefficient u encore inconnu, puis un autre terme dépendant du deuxième élément et affecté d'un coefficient v. Quant à l'évaluation de l'effet de décroissement de la température avec la hauteur, il a adopté d'abord, comme point de départ, l'altitude moyenne de 1400 mètres, et a introduit dans la formule trois autres termes, dépendants des trois premières puissances de l'altitude, et affectés de coefficients indéterminés x, y et z.

En ajoutant à ces cinq coefficients indéterminés la température au point central à 1400 mètres d'altitude, on a 6 inconnues et 69 équations de condition pour chaque mois, dont la résolution par la méthode des moindres carrés doit donner les valeurs les plus probables de ces

inconnues pour le dit mois. L'auteur, afin d'abréger le calcul, sans altérer l'exactitude du résultat, a formé des lieux normaux, en réunissant en un seul groupe un certain nombre de stations peu distantes en longitude et en latitude, et dont l'altitude était aussi peu différente. Le nombre des groupes ainsi formés a été de 20, et la résolution des 20 équations de condition pour chaque mois, a conduit M. Plantamour à trois formules générales, représentant la température moyenne à la surface de la Suisse, suivant la longitude, la latitude et l'altitude de chaque station en décembre 1863, janvier et février 1864.

En faisant la somme des carrés des écarts entre le résultat du calcul de la formule pour chaque groupe, et celui de l'observation pour le dit groupe, on trouve

en décembre un écart probable de		$\pm$ 0°,38
en janvier	»	$\pm$ 0,68
en février	»	$\pm$ 0,31

ce qui montre que les formules représentent les températures avec une approximation aussi grande qu'on était en droit de l'attendre. Le chiffre notablement plus élevé de l'écart en janvier, s'explique par l'influence que les circonstances locales exercent, à un plus haut degré, pour modifier la température, lorsque celle-ci est aussi exceptionnellement basse qu'elle l'a été dans ce mois.

M. Plantamour a calculé, à l'aide de ces formules, le décroissement de la température de cent en cent mètres d'élévation, à partir de 200 mètres d'altitude, au point central en longitude et en latitude; il a vérifié ainsi que la loi de décroissement a été très-différente d'un mois à l'autre, comme le montre aussi la planche annexée à son mémoire, qui représente par des courbes le décroissement de température avec la hauteur pendant chacun des

trois mois d'observations. En décembre, ce décroissement a été en se ralentissant jusqu'à la hauteur d'environ 1800 mètres; il était d'environ $^1/_2$ degré par cent mètres à de petites hauteurs, et ensuite à peine de $^1/_3$ de degré : puis il s'est légèrement accru aux plus grandes hauteurs. En février, au contraire, le décroissement a suivi une progression croissante jusqu'à 1800 mètres, n'étant d'abord que de $^1/_5$ de degré par cent mètres, et arrivant ensuite à un peu plus de $^1/_2$ degré, puis tendant à décroître aux plus grandes hauteurs. Au mois de janvier, le décroissement déjà très-faible (d'environ un $^1/_5$ de degré par cent mètres) à de petites hauteurs, a encore diminué jusqu'à celle de 1200 mètres, où il était presque nul. Il est devenu ensuite plus rapide, et il était de près de $^1/_2$ degré par cent mètres à 2500 mètres. M. Plantamour attribue cette anomalie en janvier au froid exceptionnel des régions inférieures, ce mois ayant été plus froid que de coutume de près de trois degrés à Genève, tandis qu'il a été plus chaud au St-Bernard de six dixièmes de degré. «Il faut donc admettre, ajoute l'auteur, que les parties plus basses de la Suisse, ainsi qu'une partie notable du centre de l'Europe, ont été envahies par une couche ou une nappe d'air froid, qui ne s'étendait pas à une hauteur considérable; du moins pas d'une manière aussi persistante. On trouve, en effet, sur toutes les sommités élevées de notre réseau, comme le St-Bernard, le Simplon, le St-Gothard, le Bernardin, le Julier, le Grimsel, le Righi et même le Weissenstein et le Chaumont, des froids excessivement rigoureux dans les premiers jours de janvier; mais dans ces localités le froid n'a pas duré, et il a été remplacé par une température comparativement douce, comme si, l'air froid descendant des régions supérieures,

la limite de cette couche s'était graduellement abaissée, de façon à ne recouvrir que les régions moins élevées. On trouve encore une trace de cette anomalie au mois de février, où de 200 à 600 mètres d'altitude l'abaissement de la température est moindre d'un degré. Il semble ainsi que la nappe d'air froid a graduellement diminué d'épaisseur, au point de ne plus recouvrir, à cette époque, que les points élevés de moins de 7 à 800 mètres.»

Quant à la variation de température qui résulte d'un changement dans la position géographique, on voit par le signe du coefficient u que la température s'abaisse à mesure qu'on s'avance vers l'Orient, ce qui est conforme à la loi que présente, en général, cette partie de l'Europe en hiver.

Dans le sens des méridiens, on trouve un accroissement dans la température de 0°,63 en décembre, et de 0°,43 en janvier, à mesure qu'on s'avance d'un degré en latitude vers le nord, et un décroissement de 0°,58 en février. «Cette anomalie, dit M. Plantamour, d'un accroissement de la température pour une latitude plus élevée dans les deux premiers mois, ainsi que l'abaissement très-rapide pour une longitude plus orientale dans les deux mêmes mois, peut s'expliquer par la position et la direction du massif des Alpes. Comme ce massif occupe la partie méridionale, surtout dans la Suisse occidentale, les stations boréales en sont, en général, plus distantes, et l'effet réfrigérant de ce massif doit diminuer avec la distance; il sera moindre, par conséquent, au Nord et surtout au Nord-Ouest de la Suisse que dans les autres régions. Quant à la différence de résultat en février, il est probable qu'on en trouverait l'explication par la distribution de la température dans l'Europe moyenne et la

position du pole relatif de froid à cette époque. Il est à peine nécessaire d'ajouter que ces formules empiriques ne sauraient être employées à calculer la température de lieux situés en dehors des limites du réseau suisse, soit dans le sens horizontal, soit dans le sens vertical, surtout si la distance était un peu considérable. »

Influences locales sur les températures.

M. Plantamour examine ensuite l'influence qu'ont exercée les circonstances locales pour modifier la température. Cette influence ressort de la comparaison entre la température observée dans une station et celle qui lui est assignée par la formule générale obtenue précédemment. L'auteur a dressé un tableau, dans lequel il indique 1° l'altitude, la longitude et la latitude de chaque station ; 2° la différence entre la température observée et la température calculée, pour chacun des trois mois et pour l'hiver entier ; 3° pour chaque mois l'amplitude moyenne de l'excursion diurne de la température. Les 69 stations y sont rangées par ordre d'altitude croissante, depuis Bâle jusqu'au Grand-St-Bernard.

Ce tableau, dit-il, ne permet de reconnaître aucune loi, ou marche régulière, dans les différences entre les résultats de l'observation et ceux de la formule, et il en serait de même si on les rangeait dans l'ordre des longitudes ou des latitudes. Ces différences présentent ordinairement, en chaque station, une grande analogie pour les trois mois, et on ne peut hésiter à y reconnaître une cause locale. Cette cause doit tenir, soit à l'incertitude qu'on peut attribuer à la détermination de la température moyenne, par le fait de quelque erreur de lecture, d'im-

perfection de l'instrument, ou d'emplacement défectueux; soit à l'influence réelle sur la température de la configuration et du relief de la contrée dans le voisinage de la station.

M. Plantamour estime impossible de fixer d'avance et *a priori*, pour chaque station, le chiffre de l'incertitude sur sa température moyenne, quoique les soins apportés à la construction, à la comparaison et à l'établissement des instruments, et les garanties que présentent les observateurs doivent faire espérer que les erreurs de ce genre sont petites. Mais on peut, du moins, déterminer à combien s'élève, d'après la moyenne de toutes les stations, le chiffre de l'incertitude probable, en prenant la somme des carrés des écarts, et en en déduisant l'incertitude probable avec laquelle la formule représente la température de l'ensemble du réseau suisse. Ce calcul a donné pour résultats:

en décembre 1863 une incertitude probable de		$\pm$ 0°,57
en janvier 1864	»	$\pm$ 1,16
en février 1864	»	$\pm$ 0,62

d'où résulte pour l'hiver entier une valeur moyenne de .... $\pm$ 0°,72.

On est, par conséquent, fondé à admettre que, dans tous les cas où l'écart dépasse cette limite, le climat de la contrée adjacente est modifié par l'influence de circonstances locales particulières. L'auteur fait l'énumération des stations où les écarts ont dépassé la valeur probable, soit dans le sens positif, soit dans le négatif. Celles dont la température hivernale a été le plus élevée sont, dans l'ordre du décroissement des écarts :

Churwalden, Beatenberg, Trogen, Montreux, Coire, le Righi, Græchen, Altorf, etc.

Celles, au contraire, où il a fait le plus froid, sont :

Bevers, le Sentier, Ilanz, Andermatt, Reckingen, Splügen, la Chaux-de-Fonds, Vuadens, Einsiedeln, etc.

Sur les 32 cas d'une anomalie prononcée de température, il ne s'en trouve que 10 qui se rapportent aux 34 stations dont l'altitude est au-dessous de 700 mètres; 21 sont relatifs aux 28 stations comprises entre 700 et 1800 mètres d'altitude; et il y en a un seul (le Bernardin à écart positif), parmi les 7 stations dont l'altitude dépasse 1800 mètres. M. Plantamour fait au sujet de ces anomalies locales les remarques suivantes :

«En hiver, où le soleil ne reste que peu d'heures au-dessus de l'horizon et n'atteint qu'une faible hauteur, le refroidissement du sol par le rayonnement n'est pas compensé par la chaleur due à l'insolation; le sol est, par conséquent, habituellement plus froid que les couches d'air superficielles ; celles-ci sont plus froides que celles qui leur sont superposées, et ainsi de suite jusqu'à une certaine hauteur. Pendant la plus grande partie de l'hiver, il se produit ainsi, dans le voisinage du sol, une interversion dans le décroissement de la température avec la hauteur ; c'est alors le sol qui est le plus froid, ainsi que les couches en contact avec lui ; la température s'élève rapidemment d'abord, puis plus lentement jusqu'à une certaine hauteur, à partir de laquelle elle décroît à mesure que la hauteur augmente (M. Plantamour cite en note à ce sujet les expériences intéressantes de MM. Marcet et Martins). Si la station est dans un pays plat, le refroidissement du sol et des couches d'air en contact avec lui ne donne lieu à aucun courant atmosphérique local, les molécules d'air les plus froides et les plus denses occupant partout un niveau inférieur et formant une couche pa-

rallèle au sol. Un vent léger, qui amènerait un renouvellement constant des molécules d'air situées au-dessus d'un point déterminé, ne produirait pas un changement dans la température, puisque les conditions sont les mêmes dans toute la région voisine. Il n'en est pas de même dans un pays montagneux, où le refroidissement des couches en contact avec le sol produit nécessairement, en raison de la déclivité du terrain, un courant atmosphérique local : les molécules d'air amenées successivement en un point donné, peuvent alors provenir de régions plus chaudes, et élever ainsi la température de la station, ou de régions plus froides et l'abaisser.

« Toutes les fois que le sol est plus froid que l'air placé au-dessus, les molécules d'air des couches superficielles se refroidissent par contact, et devenant ainsi plus denses, elles tendront à descendre si le terrain est incliné ; ce mouvement se répétant de proche en proche, il se produira le long de la pente un courant descendant, phénomène bien connu de tous ceux qui habitent les montagnes ou qui les ont étudiées. La direction et l'intensité de ces courants descendants sont modifiées par les plis ou accidents du terrain ; et de la même manière que les courants d'eau, ils tendent à converger et à se réunir dans des dépressions, telles que gorges, couloirs ou ravins, qui leur servent pour ainsi dire de lit.

« Tout courant atmosphérique est nécessairement accompagné d'un contre-courant ; il faut admettre, par conséquent, que les molécules d'air entraînées par le courant descendant soient remplacées par un contre-courant superposé à ce dernier. Si la station est située sur un pic isolé, comme la cime du Righi, ou sur la crête d'une chaîne de montagnes, comme le Chaumont ou

l'Uetliberg, le contre-courant amène incessamment de l'air provenant de couches placées à une plus grande distance du sol, plus chaudes par conséquent; de là la température relativement plus élevée de ces localités. Le Weissenstein seul, parmi les stations placées dans une situation analogue, ne présente pas une anomalie marquée sous le rapport de l'élévation de la température; on peut néanmoins remarquer que la température y a été relativement plus douce qu'à Soleure, située au pied du Jura. Dans les stations placées sur les cols des Alpes, comme le Simplon, le Bernardin, le St-Gothard, le Julier et le St-Bernard, l'élévation de la température produite par le contre-courant peut, suivant la configuration de la localité, être neutralisée et compensée par le courant descendant des cimes qui dominent le col; aussi ne trouve-t-on dans ces cinq stations que des anomalies très-faibles, sauf pour le Bernardin où l'écart positif est prononcé.

« Dans les localités situées sur le flanc des montagnes, l'influence du contre-courant tendra encore à élever la température, quoique d'une manière moins prononcée, en général, que sur les sommités; les détails de la configuration topographique du terrain, dans le voisinage de la station, peuvent y produire alors des différences très-considérables. Ainsi, les dépressions sur le flanc de la montagne, les gorges et les ravins servant de lit au courant descendant, peuvent donner lieu à un abaissement local très-notable de la température, tandis que les parties plus saillantes, les éminences (emplacement choisi généralement pour les villages) seront favorisées au contraire, le contre-courant amenant incessamment de l'air qui ne s'est pas refroidi par le contact avec le sol.

Deux stations de notre réseau qui se trouvent dans une exposition pareille, Beatenberg, au-dessus du lac de Thoune, et Græchen, sur les flancs de la chaîne qui borde à l'est la vallée de St-Nicolas en Valais, présentent, l'une et l'autre, une anomalie très-prononcée (d'environ 2° en moyenne pour la première station et 1° 1/2 pour la seconde) dans le sens d'une élévation de température; l'écart est moins grand pour Græchen, qui est exposé aux vents du nord, tandis que Beatenberg, placé sur le versant sud, en est abrité. Une circonstance que l'on doit signaler comme pouvant exercer une assez grande influence dans toutes les localités adossées à une pente de montagne, qu'elles soient au pied ou à mi-côte, est l'existence ou l'absence de forêts sur les pentes qui dominent cette localité. Car, de même que le sol se réchauffe moins sous l'action des rayons du soleil dans une région couverte de forêts, de même aussi il se refroidit beaucoup moins par le rayonnement; le courant descendant rencontre aussi dans ce cas des obstacles qui diminuent son intensité. On peut donc signaler, parmi les effets fâcheux que produit le déboisement des pentes et des montagnes, la détérioration qui en résulte dans le climat des localités situées au-dessous de ces pentes, en rendant les froids de l'hiver plus rigoureux.

« D'après ce qui précède, on doit s'attendre à trouver au fond des vallées, dans leur partie la plus profonde, une température notablement plus basse, leur Thalweg servant de lit à un courant d'air froid, tout comme au torrent ou à la rivière. Mais l'espace de ce courant, quoique plus considérable que celui du torrent, est cependant limité à une zone étroite, en sorte que les parties de la vallée en dehors de ces limites pourront être dans une

situation analogue à celles qui se trouvent sur le flanc des montagnes. On trouvera ainsi des localités qui, grâce à leur position et à la topographie du terrain, sont en dehors du courant d'air froid, et peuvent même devoir une température relativement élevée à certaines circonstances spéciales, telles que l'abri qu'offrent les montagnes contre les vents du nord, surtout si les pentes sont boisées, le voisinage d'un lac, etc. Ainsi Coire, Platta, Auen, Altorf, Closters, Stalla, Schwytz, Sargans sont dans ce cas; et on peut ranger aussi Montreux dans la même catégorie, avec cette différence que le lac, qui y occupe le fond de la vallée, est en hiver une cause de chaleur et non de froid.

« L'exemple le plus saillant de l'abaissement extraordinaire de la température que l'on rencontre dans certaines parties des vallées, est Bevers, village qui a la réputation d'être le plus froid de toute la haute Engadine, dont le climat est cependant bien rigoureux. Les observations de l'hiver dernier ont confirmé cette réputation. En effet, non-seulement Bevers a présenté l'anomalie de froid la plus forte, de 2°,89 : mais aussi de froid absolu le plus intense de toutes les stations. Sa température moyenne a été de — 13°,49 en janvier, et pour l'hiver de — 9°,40 : tandis que la température moyenne du Julier a été de — 10°,53 en janvier et de 8°,63 pour l'hiver, et celle du St-Bernard de — 8°,67 en janvier et de — 8°,02 pour l'hiver. Le Julier est, cependant, plus élevé de 500 mètres que Bevers, à une distance de quelques lieues seulement; le St-Bernard est plus élevé de près de 800 mètres, mais sa position géographique est plus différente. On peut, peut-être, attribuer le froid si rigoureux de cette localité à ce qu'elle est placée au débouché du

val Bevers dans la vallée de l'Inn, et par conséquent au confluent de deux courants d'air froid.

« Un trait dans la configuration topographique d'une vallée, dont l'influence sur la température est très-appréciable, est celui d'un étranglement ou d'un rétrécissement, qui, en opposant un obstacle au courant d'air froid, la transforme en un bassin presque fermé, au fond duquel la température tend sans cesse à s'abaisser, puisque les molécules d'air les plus denses et par conséquent les plus froides, s'y précipitent de tous côtés, sans trouver en aval une issue suffisante comme dans les vallées ouvertes. C'est un trait qui se présente fréquemment dans les vallées longitudinales (dirigées du nord-est au sud-ouest) comprises entre les chaînes parallèles du Jura, et dont la température rigoureuse en hiver est un fait bien connu. Parmi nos stations, le Sentier, dans la vallée de Joux, et la Chaux-de-Fonds en sont un exemple, et offrent, la première surtout, une anomalie négative très-prononcée (elle a été de — $4° \, ^1/_3$ en janvier). Le contraste est frappant par comparaison avec la température de St-Imier, qui se trouve aussi dans une vallée longitudinale et un peu plus basse du Jura, mais qui ne présente pas le caractère d'une combe, ou avec celle de Ste-Croix, qui est dans une vallée perpendiculaire à la chaîne. Dans les vallées des Alpes, cet accident se présente fréquemment et dans des circonstances différentes ; ainsi lorsque, dans sa partie supérieure, une vallée est parallèle à la direction de la chaîne principale, puis change de direction en faisant un angle à peu près droit, elle est ordinairement réduite, à l'endroit où se trouve le coude, à un défilé souvent très-étroit sur une étendue assez longue. C'est ce que l'on trouve à Andermatt, où la val-

lée d'Urseren est presque entièrement bouchée par la chaîne septentrionale, qui ne laisse qu'une fente étroite au passage de la Reuss; l'anomalie négative d'Andermatt est très-prononcée (elle a été de — 3° $^1/_2$ en janvier), et le fait que tous les flancs des montagnes qui bordent la vallée d'Urseren sont entièrement déboisés, contribue sans doute à augmenter le froid dans cette localité. Un autre exemple de ce cas se présente dans la vallée du Rheinwald, dans laquelle se trouve le village du Splügen, un peu au-dessous duquel le Rhin change de direction en traversant une suite de défilés. On peut du reste remarquer que les vallées parallèles à la chaîne principale sont généralement plus froides que celles dont la direction est perpendiculaire à cette chaîne.

« Le rétrécissement d'une vallée peut avoir lieu sans qu'il y ait un changement de direction, par suite du rapprochement des flancs des montagnes placées de chaque côté. C'est ce qui a lieu, par exemple, près d'Ilanz dans le canton des Grisons ; un peu au-dessous de ce bourg, la vallée est presque fermée, et le Rhin coule au fond d'une gorge très-étroite et profonde, encaissée entre deux parois presque verticales. Aussi, l'anomalie négative dans la température de cette localité est-elle très-forte (elle a été de 3° $^1/_2$ en janvier) ; le fait que les flancs de la montagne sur la rive gauche sont nus et déboisés peut contribuer à ce résultat. La vallée de Conches, dans le Haut-Valais, est également resserrée au-dessous de Reckingen, et l'anomalie négative de l'hiver dernier y a été d'environ 1° $^1/_2$.

« Les anomalies de température que l'on rencontre dans les stations situées sur des plateaux, sont plus difficiles à expliquer par des règles générales. En Suisse,

les terrains de ce genre ne sont rien moins que plats, ils sont très-coupés et accidentés, et c'est de la configuration topographique de chaque localité que dépend l'élévation ou l'abaissement de la température. Ainsi, la région élevée dans laquelle se trouve le village de Churwalden, au-dessus de Coire, ne peut être désignée autrement que par le terme de plateau; c'est dans cette station qu'on trouve l'anomalie positive la plus forte (elle a été de + 4°,47 en janvier et de + 2°,83 dans les trois mois d'hiver). Trogen, dans le canton d'Appenzell, et St-Gall présentent également des anomalies positives ; tandis qu'Einsiedlen, dont la position est assez analogue à celle de Trogen, du moins dans ses traits généraux, accuse une assez forte anomalie négative. On trouve également une anomalie négative assez prononcée dans la région des plateaux de la partie sud-ouest de la Suisse, qui comprend les stations de Vuadens, Fribourg et Berne. Il faudrait, dans chacun de ces cas, une étude très-spéciale de la localité, des vents locaux, etc., etc., pour indiquer les causes qui produisent une anomalie tantôt positive, tantôt négative... C'est seulement en l'absence d'un vent général un peu prononcé, que ces courants atmosphériques peuvent se produire; les anomalies seront, par conséquent, plus marquées quand l'équilibre de l'air aura été moins fréquemment troublé par une agitation générale, que lorsque des vents violents auront régné. C'est la première de ces alternatives qui s'est présentée en janvier 1864. A un fort vent du nord pendant les trois ou quatre premiers jours de ce mois, a succédé jusqu'à sa fin une période de calme et d'élévation du baromètre, qui peut rendre raison du chiffre élevé des anomalies locales de température. »

J'ai rapporté à peu près textuellement plusieurs paragraphes du mémoire de M. Plantamour, parce qu'ils m'ont semblé dignes d'intérêt, par l'heureuse application qui y est faite des principes de la science à l'appréciation du climat des diverses stations du réseau suisse, application qui mettra sur la voie d'examens ultérieurs comparatifs du même genre, fondés sur de plus longues séries d'observations.

Influence de la chaine des Alpes sur les températures.

L'auteur compare ensuite avec les résultats précédents les températures observées dans les sept stations du réseau situées au sud des Alpes, dont cinq dans le canton du Tessin : Faido, Locarno, Bellinzone, Lugano et Mendrisio, et deux dans le canton des Grisons : Casta-Segna et Brusio. On ne peut pas, dans cette comparaison, comme nous l'avons annoncé plus haut, avoir égard aux termes dépendant de la différence de longitude et de latitude. M. Plantamour, en laissant ces termes de côté, et n'ayant égard qu'à ceux relatifs au décroissement de la température avec la hauteur, a calculé, pour chaque mois, de combien la température observée en chacune des stations méridionales est supérieure à celle que, d'après l'ensemble des stations septentrionales, on trouverait à la même altitude au point moyen de ces dernières stations. Il en résulte, en prenant la moyenne des différences pour les trois mois d'observations, qu'à hauteur égale, la température a été cet hiver-là, plus élevée en moyenne de 3°,06 pour un point situé au sud des Alpes, à 0^h 27^m,6 de longitude en temps à l'est de Paris et 46°11′ de latitude boréale, qu'elle ne l'a été, d'après 69 stations au nord des Alpes, pour un

point dont la longitude est de $0^h 24^m$ et la latitude de 46°50'.

Ce résultat ne peut être pris comme exprimant rigoureusement l'influence du massif des Alpes sur la température de ses deux versants opposés, vu la différence des coordonnées géographiques entre les deux points comparés entre eux. Mais la distance de ces points est peu considérable, et comme les lignes isothermes suivent habituellement en hiver la direction du nord-ouest au sud-est, on peut regarder le résultat obtenu comme représentant très-approximativement la quantité dont, toutes choses étant égales d'ailleurs, la température a été cet hiver-là plus élevée sur le versant sud des Alpes que sur le versant nord. Le mois de février a présenté une différence de température de 1°,73 seulement, et il sera intéressant de constater si cette différence tient à une anomalie spéciale en 1864, ou si elle se reproduira dans les années suivantes. La station de Brusio est la seule des 7 où l'on puisse signaler une élévation anomale de température d'environ un degré, tenant peut être à des circonstances locales.

Il est probable que la plupart des résultats précédents peuvent être assez différents d'une année à l'autre. Les recherches récentes de M. le professeur Dove de Berlin ont fait voir qu'il existe en Europe, à certaines époques, des pôles relatifs de chaleur ou de froid, autour desquels on peut tracer des lignes qu'il a appelées *isométrales*, réunissant tous les points pour lesquels le chiffre de l'anomalie est le même; les pôles pouvant se trouver tantôt dans une partie de l'Europe, tantôt dans une autre, il est évident que, d'après leur position, la variation de la température suivant la longitude et la latitude pourra être très-différente.

Variabilité du décroissement de la température avec la hauteur.

Quant au décroissement de la température avec la hauteur, les résultats si dissemblables trouvés dans les trois mois de l'hiver de 1863 à 1864, permettent également de supposer qu'on obtiendrait une loi très-différente pour le décroissement, dans une autre année, pendant les mêmes mois.

Cette supposition, ajoute M. Plantamour, est d'ailleurs pleinement confirmée par la comparaison de la différence de température entre Genève et le Grand St-Bernard pendant une série d'années. Ces deux stations ne sont éloignées l'une de l'autre, en ligne directe, que de 85 kilomètres. D'après la valeur de la température moyenne de chaque mois, déduite pour Genève d'une série de 35 années et pour le St-Bernard de 20 années, la différence de température entre les deux stations est, en moyenne, de 8°,79 en décembre; 9°,20 en janvier et 10°,30 en février. Or, d'après le tableau détaillé que donne M. Plantamour de ces différences, dans les mêmes mois, pendant les quatorze dernières années 1851 à 1864, on voit qu'elles ont varié :

Entre 3°,49 et 12°,32 en décembre.
» 4°,05 et 11°,59 en janvier.
» 8°,14 et 13°,85 en février.

M. Plantamour examine les circonstances qui peuvent servir à rendre raison de ces grandes variations, et ajoute ensuite : « Jusqu'à présent nous ne pouvions constater que les variations de deux points placés à 2070 mètres l'un au-dessus de l'autre, sans avoir les données néces-

saires pour trouver le décroissement en des points intermédiaires; l'établissement des stations météorologiques suisses comble cette lacune, et il mettra à notre disposition tous les éléments propres à déterminer, pour un mois quelconque et avec une grande exactitude, la loi du décroissement de la température avec la hauteur, jusqu'à une altitude de 2500 mètres [1]. »

« Lors de l'invasion des grands froids, au commencement de janvier 1864, et dans les recrudescences de froid qui ont eu lieu, à diverses reprises, à la fin de ce mois et en février, c'est dans les stations élevées que l'abaissement de température s'est manifesté un, deux ou trois jours plus tôt que dans la plaine. L'excédant négatif, après y avoir été fort considérable pendant un jour ou deux, a rapidement diminué et s'est transformé en un excédant positif: tandis que dans la plaine et dans les vallées, l'abaissement relatif de la température s'est prolongé pendant un beaucoup plus grand nombre de jours, sans atteindre une valeur aussi forte. »

Il me paraît résulter évidemment de l'analyse étendue que je viens de faire du mémoire de M. Plantamour, qu'il a su tirer un parti très-avantageux pour la physique terrestre des trois mois d'observations thermométriques

[1] M. Glaisher, l'un des astronomes-adjoints de l'Observatoire royal de Greenwich, a cherché, dans ces dernières années, par de très-nombreuses ascensions en ballon, faites de jour en Angleterre, en diverses saisons, et jusqu'à 25 à 30 mille pieds de hauteur, à étudier entre autres, dans ce climat, la progression des températures à mesure qu'on s'élève, et il en a constaté la variabilité. Il se propose, pour continuer le même genre de recherches, d'effectuer aussi des ascensions nocturnes.

suisses dont il s'est occupé ; et l'on peut conclure aisément de cette première étude, tout ce qu'on doit espérer de résultats intéressants pour la météorologie alpestre, des précieux matériaux que le système actuel d'observations va mettre à la disposition des savants. On doit accorder sous ce rapport de sincères éloges, soit aux promoteurs de cette belle entreprise fédérale, soit à tous ceux qui coopèrent à son exécution, et faire des vœux pour qu'elle puisse être poursuivie pendant un certain nombre d'années, avec le dévouement consciencieux qu'elle réclame, surtout, de ceux qui ont accepté les fonctions d'observateurs.

NOUVELLE MÉTHODE

POUR LA

MESURE DE LA CONDUCTIBILITÉ POUR LA CHALEUR

PAR

M. A.-J. ANGSTRŒM.

(*Pogg. Ann.*, 1861, n° 12, p. 513; 1864, n° 12, p. 628.[1])

Deux méthodes ont été exclusivement employées jusqu'ici pour la détermination des coefficients de conductibilité pour la chaleur. L'une de ces méthodes est fondée sur la formule :

$$Q = k \frac{(u_1 - u_0)}{e}$$

où Q est la quantité de chaleur qui traverse une lame

[1] La conductibilité des corps par la chaleur est un élément assez important pour qu'il soit utile de faire connaître une nouvelle méthode qui a pour objet de le déterminer. La méthode proposée par M. Angström consiste, comme on le verra, à chauffer et à refroidir périodiquement l'extrémité d'une barre et à observer la propagation dans cette barre des variations de température qu'on y provoque. Pour qu'on puisse juger de la précision des résultats que cette méthode est susceptible de fournir, il faudrait connaître un plus grand nombre d'observations que l'auteur n'en a encore publié. La principale objection que les physiciens feront à la méthode proposée est que l'inconnue s'y obtient d'une manière très-indirecte. Il faut, en effet, calculer au moyen des don-

d'épaisseur e, dont les deux surfaces sont maintenues à des températures constantes u et u_0. L'autre repose, comme on le sait, sur l'observation de la propagation de la chaleur dans une barre, c'est-à-dire sur l'observation des températures des divers points de la barre, lorsqu'elles sont devenues stationnaires, et qu'elles satisfont par conséquent à l'équation différentielle

$$\frac{d^2u}{dx^2} - \frac{hp}{ks}u = o$$

où h est le pouvoir émissif de la surface, p le périmètre et s la section de la barre, u la température du point qui est à la distance x de l'origine, et enfin k, comme ci-dessus, le coefficient de conductibilité.

Si l'on discute ces deux méthodes, la première, au point de vue pratique, est sujette à objections. En effet, il y a une difficulté très-grande à maintenir à des températures fixes les deux faces d'une plaque métallique, à travers laquelle il passe une quantité considérable de chaleur. M. Péclet n'a réussi qu'en soumettant à un mouvement très-rapide les couches d'eau qui baignent les deux surfaces, et on peut se demander si le frottement exercé dans ces conditions ne développe pas une quantité de chaleur qui doit entrer en ligne de compte. Les

nées de l'observation des constantes numériques dont dépend par une série d'équations le coefficient de conductibilité. Toutefois, dans les travaux de Weber sur l'électricité, on trouve l'application de méthodes analogues, et elles peuvent conduire à des résultats très-précis, si les procédés d'expérimentation permettent d'établir les calculs sur des bases suffisamment exactes. Quoi qu'il en soit, la méthode proposée par M. Angström est intéressante à étudier, et nous publions un extrait des deux mémoires où l'auteur l'a exposée.

différences considérables que présentent les résultats obtenus par différents physiciens en employant cette méthode montrent bien qu'elle est d'une application difficile. En prenant pour unité de chaleur la calorie, la quantité de chaleur qui traverse dans une seconde une lame de cuivre de 1^{mm} d'épaisseur, de 1^{m} de surface, et dont les faces ont des températures différentes de 1°, c'est-à-dire le coefficient de conductibilité du cuivre a été trouvé par divers expérimentateurs égal à 0,23, à 1,22, puis à 19,11 par M. Péclet en employant les agitateurs. Cette dernière valeur, bien que beaucoup plus grande que les précédentes, est encore beaucoup plus petite que celle que l'on obtient par une nouvelle méthode, comme on le verra plus loin.

La seconde méthode est plus exacte, et la détermination des températures d'une barre peut se faire avec beaucoup de précision soit avec des thermomètres, soit au moyen d'un élément thermo-électrique, comme l'ont pratiqué MM. Wiedemann et Franz. Mais cette méthode présente cet inconvénient qu'elle ne fournit pas la valeur de k, mais celle du rapport de k à h, c'est-à-dire au pouvoir émissif de la surface de la barre. Or le pouvoir émissif dépend dans une certaine mesure de la température absolue. On ne peut donc obtenir que les valeurs relatives des coefficients, et il faut pour cela que toutes les barres aient la même surface et aussi n'opérer qu'entre certaines limites de température.

Il est donc désirable de trouver un autre procédé qui permette d'obtenir la valeur absolue de k, et qui ne présente pas les difficultés pratiques de la première des deux méthodes que l'on vient de rappeler.

L'équation différentielle du mouvement de la chaleur dans une barre prismatique est :

$$\frac{du}{dt} = \frac{K d^2 u}{dx^2} - H u$$

ou

$$K = \frac{k}{c\delta}, \text{ et } H = \frac{hp}{c\delta s}$$

u est la température d'un point de la barre à l'instant t, x sa distance à l'origine; h et k sont le pouvoir émissif et le coefficient de conductibilité de la substance, c et d sa chaleur spécifique et sa densité; p et s sont le périmètre et la section de la barre.

On considère une barre prismatique suffisamment longue par rapport à son épaisseur pour qu'il n'y ait pas lieu de tenir compte de ses faces terminales, et à l'une de ses extrémités *on opère des réchauffements et des refroidissements successifs à des intervalles de temps égaux.* Ces changements périodiques de température se propagent dans la barre; les oscillations de température sont retardées et leur amplitude diminuée lorsqu'on les observe sur des points de plus en plus éloignés de celui où on les détermine. On prolonge ces variations jusqu'à ce que la température moyenne d'un point de la barre devienne stationnaire, et c'est l'observation des oscillations thermométriques en deux points suffisamment distants qui permet, comme on va le voir, de déterminer le coefficient de conductibilité.

Dans les conditions que l'on suppose réalisées, c'est-à-dire si la température moyenne d'un point est stationnaire, et si le réchauffement et le refroidissement sont

parfaitement périodiques, la solution de l'équation des températures peut être mise sous la forme :[1]

$$u = me^{-\sqrt{\frac{H}{K}}x} + ae^{-gx} \sin\left(\frac{2\pi t}{T} - gx + \beta\right)$$

En effet, cette équation satisfait à l'équation différentielle donnée plus haut, et la température d'une section de la barre peut être exprimée d'une manière suffisamment approchée par le sinus d'un arc croissant proportionnellement au temps et renfermant une constante arbitraire. Dans cette équation, *T* est la durée de la période,

[1] L'équation complète des températures, telle qu'elle est donnée dans le mémoire de M. Angstrœm, se compose de quatre termes au lieu de deux ; c'est la suivante :

$$u = me^{-\sqrt{\frac{H}{K}}x} + ae^{-gx} \sin\left(\frac{2\pi t}{T} - g'x + \beta\right) + be^{-g\sqrt{2x}} \sin\left(\frac{4\pi t}{T} - g'\sqrt{2x} + \beta'\right) + ce^{-g\sqrt{3x}} \sin\left(\frac{6\pi t}{T} - g'\sqrt{3x} + \beta'\right)$$

Les deux derniers termes disparaissent si la température d'un point de la barre est soumise à une variation périodique, dont la durée de période est T. Il en résulte que, comme l'on cherche autant que possible à réaliser cette condition, les coefficients de ces termes sont toujours très-petits et qu'on peut les négliger dans les calculs.

au bout de laquelle la température redevient la même ; m, a et β sont des constantes arbitraires et les quantités g et g' sont données par les équations :

$$g = \sqrt{\sqrt{\frac{\pi^2}{K^2T^2} + \frac{H^2}{4K^2}} + \frac{H}{2K}}$$

$$g = \sqrt{\sqrt{\frac{\pi^2}{K^2T^2} + \frac{H^2}{4K^2}} - \frac{H}{2K}}$$

Ces équations sont celles au moyen desquelles on satisfait à l'équation différentielle du problème.

Voici maintenant comment l'observation des températures conduit à la détermination de k. On a une barre chauffée et refroidie périodiquement, et soit 24^m la durée de la période, l'angle $\frac{2\pi}{T}$ est alors égal à $15°$. On compte T en minutes et on désigne par n le nombre des minutes correspondant à un certain instant à partir de l'origine du temps. On observe au bout de chaque minute les températures de deux points séparés par une distance l; soit u_0 la température du point le plus voisin de la partie chauffée et refroidie ; soit u'_1, la température pour le second point. On prend pour origine des x le premier point et la température u_0 a pour expression :

$$u_0 = m + a \sin (n\, 15° + \beta)$$

pour u_1 on fait x égal à l :

$$u_1 = m e^{-\sqrt{\frac{H}{g}}\, l} + a e^{-gl} \sin (n\, 15° - g'l + \beta)$$

Ces deux équations se mettent sous la forme :

$$u_0 = A_0 + B_0 \sin (n\,15^\circ + C_0)$$
$$u_1 = A_1 + B_1 \sin (n\,15^\circ + C_1)$$

L'observation des températures donne une série de valeurs, u_0 et u_1, pour les divers instants de la période, et permet de déterminer ainsi, en employant la méthode des moindres carrés, les constantes A_0, B_0, C_0, et A_1, B_1, C_1.

Or il résulte des équations ci-dessus que l'on a :

$$\frac{B_0}{B_1} \qquad e^{gl}$$

$$C_0 - C_1 = g'l.$$

On trouve ainsi les valeurs de gl et de $g'l$.

Posons :

$$gl = \alpha \quad \text{et} \quad g'l = \alpha'$$

les équations qui déterminent g et g' donnent :

$$\alpha\alpha' = \frac{\pi l^2}{KT}$$

et en remplaçant K par sa valeur, on trouve finalement :

$$k = c\delta \frac{\pi l^2}{\alpha\alpha' T}.$$

Ainsi le coefficient de conductibilité est donné par une expression où n'entre pas h, le pouvoir émissif. Les quantités qui entrent dans cette formule sont les unes déduites de l'expérience, savoir T, l et α et α', les autres des constantes de la substance c et d, c'est-à-dire la chaleur spécifique et la densité, éléments connus avec toute la précision désirable.

On a fait l'application de cette méthode au fer et au cuivre, et les expériences suivantes serviront à montrer un exemple des conditions dans lesquelles on peut expérimenter.

Pour la mesure des températures, on a employé des thermomètres de la plus petite dimension possible plongeant dans la barre. On ne peut guère employer la mesure des températures à la surface de la barre au moyen d'un élément thermo-électrique que si la barre elle-même est très-mince, condition qui est désavantageuse pour cette méthode. En outre, le passage de la chaleur de la barre à l'élément thermo-électrique donne lieu à des irrégularités qui sont tout à fait du même ordre que celles qui peuvent provenir des trous pratiqués dans la barre pour y placer les thermomètres. Les thermomètres avaient des réservoirs cylindriques de $1^{mm},5$ à $2^{mm},0$ de diamètre et de 15^{mm} de long; les échelles étaient arbitraires et on les visait avec une lunette. Les barres prismatiques avaient 23^{mm} de largeur et les trous, de $2^{mm},3$ de diamètre, étaient disposés à 50^{mm} les uns des autres. La longueur totale de la barre de cuivre était de 570^{mm}. Le réchauffement et le refroidissement alternatifs de la barre s'opérait au moyen de la vapeur d'eau et de l'eau froide. Un robinet que l'on tournait dans un sens ou dans l'autre ouvrait successivement la communication avec une cornue où se produisait la vapeur et avec l'eau d'un réservoir. Avant de se servir des thermomètres, on les avait comparés et on avait établi les valeurs relatives de leurs divisions. Il faut remarquer qu'on n'a besoin de connaître la température absolue des points de la barre que pour établir à quelle température moyenne correspond la valeur que l'on trouve pour le coefficient de conducti-

bilité. Et, de plus, on peut se passer de chercher les valeurs relatives des divisions des deux thermomètres que l'on emploie dans une expérience, si l'on a soin de faire deux séries d'observations en échangeant dans la seconde la place des deux thermomètres.

Le verre étant mauvais conducteur, on peut craindre que le thermomètre n'accuse pas immédiatement la température du point de la barre où il plonge. Toutefois ce retard dans les indications se produit à la fois sur les deux thermomètres que l'on observe, et s'il y a quelque différence entre les deux, on peut l'éliminer en les changeant respectivement de place.

Dans le tableau suivant se trouve, comme exemple, une série d'observations faites sur une barre de cuivre. La longueur de la période totale des températures est de 24 minutes, c'est-à-dire qu'on chauffe pendant 12 minutes et qu'on refroidit pendant les 12 autres. Les deux thermomètres *A* et *B* que l'on observe sont distants de 100^{mm}. Les nombres de degrés inscrits dans chaque colonne verticale correspondent deux à deux aux deux instants inscrits au haut de cette même colonne :

	1^m 13^m	3^m 15^m	5^m 17^m	7^m 19^m	9^m 21^m	11^m 23^m
Therm. A.	107.50	93 55	72.27	56.83	50.13	46.73
	50.57	80 22	93.05	100.09	104.50	107.54
Therm B.	100.96	98.88	91.87	84.07	78.80	75.56
	73.51	81 31	88.67	93 53	96.86	99.26

En calculant, au moyen de cette série d'observations, les constantes de la formule des températures, on trouve pour le thermomètre *A* :

$$u_0 = 80.39 + 31.745.\ \sin\,(15^o\,n + 134^o.\ 6',2)$$

et pour le thermomètre *B* :

$$u_1 = 88.86 + 13.818 \sin (15^0 n + 109^0. 2'.7)$$

Une seconde série d'observations faite en changeant de place les deux thermomètres donne pour les températures des deux points deux formules semblables à celles-ci, et en prenant pour les valeurs de α et α', quantités dont on a expliqué la signification dans les formules développées plus haut, les valeurs moyennes on trouve :

$$k = cd. 64,0.$$

Plusieurs séries d'observations ont été faites de cette manière sur la barre de cuivre et sur une barre de fer. On a fait varier la durée de la période des températures, qui a été de 24, de 16 et de 12 minutes. Dans le tableau suivant, on trouve les résultats obtenus pour le quotient $\frac{k}{cd}$ dans ses diverses séries. La température moyenne du barreau est aussi indiquée, ainsi que la durée de la période.

	Durée de la période	Températ. moyenne.	Rapport $\frac{k}{cd}$
Acier....	24m	67.9°	62.07
	»	62.9	64.00
	»	50 0	63 44
	»	49.9	64.41
	16	49.0	65.81
	12	46.5	64.97
	16	33.0	67.92
	Moyenne	51 3	64 66
Fer.....	16	25.5	11.14
	16	54.1	10.92
	Moyenne	53.3	11.03

Ce produit *cd* est pour le cuivre égal à 0,844, et pour le fer à 0,886; on trouve ainsi que la valeur absolue de *k* est:

pour le cuivre.....54.62
pour le fer........ 9.77

Afin de vérifier ces résultats, on a cherché les valeurs relatives des conductibilités des deux barres par la méthode du décroissement des températures stationnaires, et on a trouvé pour le rapport des conductibilités 5,65; le rapport des deux valeurs ci-dessus est 5,59.

Dans les valeurs absolues de *k*, l'unité de temps est la minute, l'unité de chaleur est le millième de la calorie, l'unité de surface est le centimètre carré, et l'unité d'épaisseur le centimètre. En réduisant à ces mêmes unités les valeurs trouvées par M. Péclet pour le cuivre et le fer, ces valeurs deviennent:

pour le cuivre.....11.4
pour le fer........ 4.35

La méthode de M. Angström et les premiers résultats que l'auteur a obtenus en l'appliquant se trouvent dans un mémoire qui a été publié il y a quatre ans. Il a paru récemment une addition à ce mémoire, où l'on trouve une série d'expériences pour déterminer la conductibilité du mercure.

Le mercure est contenu dans un tube de 37^{mm} de diamètre, qui est maintenu dans une position verticale. Le haut de la colonne est en contact avec un cylindre métallique recourbé, et pour produire le réchauffement et le refroidissement périodiques, on chauffe pendant 12 minutes à la lampe ce cylindre et on le laisse refroidir pendant 12 autres minutes. La distance des deux thermo-

mètres que l'on observe est de 48^{mm}. Voici le tableau des expériences, d'après lequel on peut voir que l'on obtient des périodes très-régulières et dont l'amplitude est toujours la même :

THERMOMÈTRE A.

	1m	3m	5m	7m	9m	11m	13m	15m	17m	19m	21m	23m
	48.50	44.35	38.90	33.40	28.50	24.50	24.66	28.27	33.27	38.53	44.22	48.57
	8.50	4.60	9.30	3.75	8.90	4.62	4.70	8.30	3.33	8.85	4.16	8.40
	8.22	4.57	9.16	3.66	8.50	4.50	4.60	8.25	3.33	8.77	4.18	8.52
Moyenne..	48.41	44.51	39.12	33.60	28.63	24.54	24.65	28.27	33.31	38.72	44.19	48.50

THERMOMÈTRE B.

	4m	6m	8m	10m	12m	14m	16m	18m	20m	22m	24m	26m
	58.20	57.62	56.50	55.00	53.37	52.22	51.80	52.25	53.27	54.70	16.27	57.32
	7.90	7.50	6.40	4.97	3.30	2.15	1.75	2.20	3.20	4.62	6.12	7.22
	7.80	7.40	6.30	4.83	3.25	2.05	1.72	2.15	3.20	4.63	6.20	7.12
Moyenne..	57.90	57.57	56.37	54.93	53.30	52.14	51.77	52.22	53.23	54.65	56.19	57.27

Dans ces tableaux, chaque ligne horizontale renferme toutes les observations d'une période complète commençant et finissant par le maximum.

En calculant, comme on l'a vu plus haut, les constantes de la formule des températures et en résolvant les équations qui donnent k, on trouve que le coefficient de conductibilité pour le mercure à 50° est:

$$1{,}061$$

Cette valeur comparée à celles qu'on a trouvées pour le cuivre et le fer, donne le même rapport que celui qui existe entre les valeurs des conductibilités électriques de ces métaux.

L'auteur résume de la manière suivante les avantages que lui paraît offrir la méthode qu'il propose:

1° Les résultats sont indépendants de la température du milieu ambiant.

2° On applique le calcul non pas à une seule observation, mais à toutes les observations des températures qui constituent une période, et toutes ces observations ont une valeur égale pour la détermination de l'inconnue.

3° On peut rendre les résultats indépendants de la valeur des divisions des thermomètres que l'on emploie.

4° En faisant varier la longueur de la période, on peut obtenir des vérifications et aussi rendre la méthode applicable à des barres courtes.

5° On peut appliquer la méthode à des liquides.

BULLETIN SCIENTIFIQUE.

PHYSIQUE.

H. Wild. Untersuchungen ueber die Identitaet, etc.... Recherches sur l'identité de l'ether lumineux et du fluide électrique.

L'hypothèse qui assimile l'éther dans lequel a lieu la propagation des ondes lumineuses au fluide électrique a pour conséquence que la densité de l'éther ne doit pas être la même dans un corps, suivant qu'il est électrisé positivement ou négativement. M. Wild décrit un certain nombre d'expériences destinées à faire voir s'il est possible de trouver quelque corrélation entre les propriétés optiques des corps et leur état électrique. Les résultats de ces expériences sont tous négatifs, bien que dans certaines d'entre elles les moyens d'expérimentation soient très-sensibles.

1° On fait adhérer une goutte d'acide sulfurique à un prisme en verre et on dispose l'expérience comme pour la détermination de l'indice de réfraction par la méthode de la réflexion totale. On fait donc coïncider le fil du réticule de la lunette avec la limite de la réflexion. On électrise la goutte d'acide au moyen d'un fil de platine qui communique avec une source et on examine si la limite se déplace.

2° Dans une capsule en verre dont les bords sont vernis à la gomme laque, on met de l'acide sulfurique. On dispose au dessus, à une distance de 15^{mm} des bords de la capsule et à 30^{mm} de la surface du liquide, une plaque de cuivre percée d'une ouverture rectangulaire de 10^{mm} de large sur 60 de long. Deux lunettes

sont placées des deux côtés de la capsule, de telle manière qu'un rayon arrivant suivant l'axe de la première passe par l'ouverture de la plaque, tombe sur la surface liquide suivant l'angle de polarisation et soit réfléchi suivant l'axe de la seconde. A cette seconde lunette, on adopte un prisme de Nicol et on fait arriver par la première la lumière d'une lampe d'Argand. Avec le prisme de Nicol, on éteint le rayon réfléchi et il suffit d'un angle d'une minute pour le faire reparaître ; on électrise le liquide, on fait communiquer la plaque avec le sol et, après avoir éteint le rayon réfléchi, on examine s'il reparaît par le fait de l'électrisation. — Le résultat négatif fait voir que l'indice de réfraction de l'acide n'est pas changé d'un millième.

3° Une auge rectangulaire en lames de verre à glace est partagée suivant sa longueur en deux compartiments par une paroi également en verre enduite de gomme laque. On la remplit jusqu'à 30^{mm} environ de ses bords supérieurs avec de l'acide sulfurique ; à l'une des extrémités de l'auge, on place une lampe d'Argand derrière un système de fentes de diffraction, et on rend parallèles les rayons au moyen d'une lentille achromatique ; ces rayons parcourent l'auge de part et d'autre de la paroi médiane. La face de l'auge opposée à la lampe est recouverte intérieurement d'une lame métallique réfléchissante, ne laissant que deux ouvertures verticales larges de $^1/_4{}^{mm}$ des deux côtés de la paroi médiane. Les franges de diffraction sont observées au travers de ces deux fentes avec une lunette astronomique grossissant 60 fois. La disposition est ainsi tout à fait la même que dans la méthode d'Arago pour l'observation des petites différences d'indice de réfraction. — Le fil de la lunette est mis en coïncidence avec le premier minimum du second ordre d'un des côtés et on électrise positivement l'un des compartiments de l'auge, tandis que l'autre est mis en communication avec le sol. — Les franges ne sont nullement modifiées. La théorie montre qu'un changement de 0,000001 dans le rapport des indices des deux liquides serait suffisant pour produire un déplacement de la ligne obscure de 10″, déplacement qu'on aurait pu observer aisément.

4° Par une disposition analogue à celle qui précède, les rayons sutuférents cheminent le long des deux surfaces d'un tableau de Franklin. On pouvait supposer que les couches d'air avoisinant les armures seraient modifiées par le voisinage de l'électricité qui les recouvrait.

Dans les essais qui suivent, c'est l'intensité de la lumière réfléchie par des surfaces électrisées qu'on a mesurée au moyen du photomètre inventé par l'auteur.

5° Deux capsules disposées comme dans l'expérience 2 sont placées l'une à côté de l'autre devant le photomètre et réfléchissent dans le photomètre un écran de papier modérément éclairé par transparence. Ces capsules sont remplies d'acide sulfurique et on met l'une en communication avec le conducteur positif d'une machine ; la plaque isolée qui se trouve au-dessus de cette première capsule est mise en communication avec la plaque isolée de la seconde et cette dernière avec le sol. De cette manière la surface liquide de l'une des capsules est positive et l'autre négative. On commence par faire disparaître au moyen du polariscope du photomètre les franges colorées, puis on observe si elles reparaissent en électrisant.

6° Cette expérience a consisté à remplacer dans l'appareil qu'on vient de décrire, l'acide par du mercure.

7° Une lame de verre recouverte dans sa partie centrale d'une armure métallique est placée horizontalement avec la surface métallique en dessous. Une seconde lame semblable, mais dont l'armure est supprimée sur un espace central de 45^{mm} de long sur 9 de large, est placée sur la première avec la surface métallique également en dessous. On obtient ainsi deux surfaces réfléchissantes dont on peut observer l'inférieure au travers de l'ouverture pratiquée dans la supérieure. On les observe avec le photomètre en leur faisant réfléchir un écran de papier et on électrise ensuite l'armure supérieure, l'inférieure communiquant avec le sol. On ne trouve aucune modification dans les pouvoirs réflecteurs, et un

changement de $^1/_{1000}$ dans le rapport pourrait être estimé par ces procédés.

PERROT. SUR LE POUVOIR DES POINTES. (*Compt. rend. de l'Acad. des Sc.*, t. LX, p. 450.)

Les expériences que je fais depuis plus de trois ans sur les actions électriques des corps conducteurs immergés dans un liquide non conducteur ont constamment manifesté les phénomènes suivants :

Si au sein de ce liquide isolé on présente un cône communiquant au sol, à une sphère en relation avec le conducteur d'une machine électrique, aussitôt qu'on électrise la machine on constate ce qui suit :

1° Le cône attire vivement le liquide environnant ;

2° Le liquide attiré s'écoule le long du cône avec une vitesse accélérée jusqu'à la pointe ;

3° A partir de cette pointe, le courant liquide se dirige, en s'élargissant, vers la sphère, avec une vitesse décroissante, jusqu'à la rencontre d'un courant liquide d'origine semblable, émanant en sens contraire de la sphère ;

4° A leur rencontre, les deux courants liquides inverses semblent se neutraliser ; ils s'arrêtent et s'écoulent latéralement. Pendant ces phénomènes, ce qu'on est convenu d'appeler le courant électrique s'établit, et la machine électrique se décharge.

Ces observations me semblent prouver que le cône et la sphère ne se déchargent l'un sur l'autre de leur électricité que par le transport des molécules conductrices du liquide, qui, à la manière des balles de moëlle de sureau entre deux corps électrisés, sont attirées par le corps le plus voisin, et se chargent à ses dépens d'une électricité qu'elles transportent vers l'autre corps électrisé différemment.

Je crois devoir ajouter que les gaz et les liquides non conducteurs me semblent devoir être composés de molécules conduc-

trices nageant à distance au sein d'un milieu non conducteur, le vide ou l'éther.

La mobilité des molécules électrisées différemment leur permettrait de transporter les unes vers les autres leurs électricités, comme dans l'expérience du cône immergé.

Dans les solides non conducteurs, tels que le verre et la gomme laque, le milieu non conducteur étant solide, aucun transport d'électricité ne pourrait avoir lieu d'une molécule conductrice électrisée à l'autre, si ce n'est lors d'une surcharge, par une explosion qui briserait le milieu solide intermédiaire.

Je reviens à l'expérience du cône immergé.

Le courant électrique ne s'établissant que lorsque les courants liquides existent, il était naturel de penser qu'en arrêtant, par un disque non conducteur, le courant liquide restreint émanant du cône, on arrêterait le courant électrique. C'est ce qu'a confirmé complétement l'expérience mentionnée dans ma dernière communication à l'Académie, expérience qui a fait voir qu'il suffit d'armer d'un disque la pointe d'un cône électrisé, pour arrêter le courant d'air qu'il a électrisé, et rendre à peu près nul le pouvoir émissif de ce cône.

Quant au pouvoir émissif particulier de la pointe du cône, j'espère prouver plus loin qu'il doit être nul.

Avant de discuter les phénomènes du cône immergé, je demande à l'Académie la permission de lui soumettre quelques considérations relatives aux illusions que peut faire naître la recherche des causes des attractions et des répulsions.

Une sphère métallique étant en contact avec une balle de moëlle de sureau suspendue librement, aussitôt qu'on les électrise, on voit la balle de sureau fuir la sphère et s'en tenir à distance.

De ce phénomène on a conclu que les corps chargés de la même électricité se repoussent.

Il me semble que cette conclusion est trop absolue, et qu'un corps peut s'éloigner spontanément d'un autre corps sans en être repoussé.

En effet, un aérostat s'éloigne du sol, et cependant il n'en est pas repoussé ; au contraire, il en est attiré.

On sait que l'aérostat s'éloigne du sol, parce qu'il en est moins attiré qu'un égal volume d'air ambiant.

Voilà donc une répulsion apparente qui n'a d'autre cause que la différence de deux attractions.

On peut, par conséquent, expliquer de la même manière la répulsion de la sphère et de la balle de sureau. Il suffit d'admettre qu'il n'y a pas plus de répulsion entre ces deux corps qu'entre le sol et l'aérostat, mais que la sphère électrisée exerce une attraction plus forte sur l'air ambiant que sur la balle de sureau.

Les phénomènes d'attraction et de répulsion électriques sont encore plus complexes que ceux que présente l'ascension de l'aérostat. En effet, on sait aujourd'hui que l'état électrique d'un corps n'est pas, ainsi que le supposaient Coulomb, Laplace et Poisson, un état absolu, mais seulement relatif ; qu'un corps ne manifeste aucune électricité, si un autre corps en présence ne s'électrise d'une manière égale et contraire.

La balle de sureau qui s'éloigne de la sphère qui l'a électrisée pourrait donc n'en être nullement repoussée, mais tout simplement obéir à l'attraction d'un autre corps électrisé différemment par induction. C'est ce que j'espère mettre en évidence.

En effet, à quelle force obéit le courant liquide électrisé lorsqu'il se meut le long de la surface du cône en allant vers la pointe ?

Dans son célèbre mémoire de 1811, admettant, suivant l'opinion reçue, une force répulsive électrique, et l'attribuant à l'action d'une couche de fluide électrique existant à la surface de tout corps électrisé, Poisson prouve que cette force répulsive agit suivant la normale, qu'elle est inversement proportionnelle au carré de cette normale, et que son action tangentielle est nulle.

Mais l'expérience du cône montre que le courant liquide électrisé, au lieu de se mouvoir suivant la normale, où la force ré-

pulsive théorique doit être au maximun, marche dans la direction tangentielle au cône, là où cette force répulsive tangentielle théorique est nulle.

Il me semble donc logique de tirer de là les conclusions qui suivent :

1° Contrairement à la théorie admise, un corps électrisé ne repousse pas les molécules qu'il a électrisées; les corps chargés de la même électricité n'exercent les uns sur les autres aucune action répulsive.

2° Puisque le courant liquide électrisé par le cône se porte directement vers la sphère et vers le courant qui émane d'elle, il est évidemment attiré par la sphère et par son courant.

3° Les phénomènes d'attraction et de répulsion électriques peuvent s'expliquer par une seule force : *l'attraction mutuelle des corps électrisés différemment.*

DELEUIL, MACHINE PNEUMATIQUE CONSTRUITE SUR UN NOUVEAU PRINCIPE. (*Compt. rend. de la l'Acad. des Sc.*, t. LX, p. 571.)

Ma machine est surtout industrielle, puisqu'elle n'a pour but que d'atteindre un vide qui puisse arriver, dans tous les cas, à 18 millimètres de mercure, dans un temps relativement court, par rapport aux capacités sur lesquelles on opère, et à 8 millimètres de vide dans les capacités ordinaires de laboratoire. Le principe qui m'a guidé a beaucoup de rapport avec celui qui a guidé M. Isoar, il y a dix ou douze ans, dans sa machine à vapeur surchauffée, qui consistait à employer de la vapeur à de fortes pressions, agissant sur des pistons à petite section allant à grande vitesse et ne frottant pas sur les parois du cylindre. J'ai donc pensé que si, pour faire le vide, je faisais mouvoir un piston métallique dans un cylindre, parfaitement rodé, ne laissant entre lui et le piston qu'une épaisseur d'une feuille de papier à lettre, le fluide ne pourrait passer d'un côté à l'autre du cylindre à la condition que le piston ait une longueur égale au

moins à deux fois son diamètre et qu'il soit garni de rainures distancées de 8 à 10 millimètres. L'expérience prouve en effet qu'un piston tel permet d'arriver, sans même lui donner de vitesse, à un vide variant de 8 à 18 millimètres selon les capacités. Le fluide sert lui-même de garniture au piston. Je détruis du même coup la résistance due au frottement des pistons dans les corps de pompe, l'engorgement des soupapes par la suppression des huiles que l'on emploie pour lubrifier les corps de pompe, ainsi que l'usure du cylindre.

Cette machine est à double effet, et peut facilement servir de pompe de compression jusque dans la limite de 2 atmosphères, comme elle peut puiser un gaz dans un réservoir pour le comprimer dans un autre, sans qu'il y ait perte sensible de ce gaz. C'est donc, je crois, un appareil essentiellement pratique.

R. Félici. Cenni di alcune.... Relation de quelques expériences électriques (*Nuovo Cimento*, t. XIX p. 345).

L'auteur rapporte une expérience qu'il a faite à plusieurs reprises à l'aide d'une petite balance de torsion dont il donne une description détaillée. Cet appareil ne portait qu'une seule aiguille suspendue au fil; une des glaces qui forment la cage de la balance avait été remplacée par une toile cirée, pour qu'il fût possible d'étudier l'action sur l'aiguille d'un corps électrisé placé à l'extérieur; en effet, comme on le sait, les glaces sont hygroscopiques et peuvent être considérées comme revêtues d'un vernis conducteur non isolé qui forme un écran arrêtant l'action électrique. Devant cette toile était disposé un bâton de gomme laque horizontal porté par un axe vertical et auquel on pouvait donner un mouvement de rotation rapide. Les extrémités de ce bâton décrivaient donc une circonférence et l'on arrangeait l'appareil de manière que le centre de la circonférence fût sur le prolongement de l'aiguille de la balance, dont le plan d'oscillation coïncidait par conséquent avec le plan de rota-

tion du bâton de gomme laque. De plus, on avait tendu un ruban de laine que les extrémités du bâton venaient frotter dans leur mouvement; le ruban était placé le plus loin possible de la balance et il électrisait les extrémités du bâton.

Dans ces conditions, en donnant un mouvement de rotation rapide, il semble que l'on devrait obtenir le même effet que si l'on avait un anneau uniformément électrisé, et que l'aiguille ne devrait pas être influencée parce que la résultante des forces doit passer par la ligne d'équilibre. On a reconnu au contraire que dans ces conditions *l'aiguille déviait toujours dans le sens même du mouvement de l'extrémité du bâton qui se mouvait en face d'elle.*

M. Félici ne voit pas quelle explication on peut donner de ce mouvement, car il montre qu'il ne peut tenir ni à l'agitation de l'air, ni à un défaut de centrage des appareils, ni à une action qui ne se produirait qu'au commencement de l'expérience, ni à une déperdition de l'électricité dont le bâton est chargé, ni à un transport d'électricité sur la toile cirée par le courant d'air.

CHIMIE.

PISANI. SÉPARATION DE L'ACIDE TITANIQUE ET DE LA ZIRCONE. (*Comp. rend. Acad. des sciences*, t. 59, p. 298).

La séparation de l'acide titanique et de la zircone est entourée de difficultés telles que tous les chimistes qui l'ont entreprise y ont échoué, ou du moins ont obtenu des résultats d'une exactitude problématique ; il y a cependant un grand intérêt à ce qu'on puisse l'effectuer d'une manière certaine à cause du nombre assez grand d'espèces minérales dans lesquelles ces deux corps existent ensemble.

M. Pisani vient de faire connaître un procédé à la fois ingénieux et commode qui permettra désormais de déterminer avec sécurité les quantités relatives d'acide titanique et de zircone dans un mélange. Ce procédé est fondé sur le pouvoir éminem-

ment réducteur du sesqui-oxyde de titane et sur la facilité avec laquelle ce dernier repasse à l'état d'acide titanique sous l'influence des corps oxydants et, en particulier, du permanganate de potasse. Voici la manière d'opérer : on fait dissoudre un poids donné du mélange dans l'acide chlorhydrique en excès, et l'on réduit la liqueur, préalablement ramenée à un petit volume, par le zinc métallique ; l'opération a lieu à chaud dans une fiole munie d'un bouchon avec un tube effilé de manière à empêcher l'accès de l'air. Lorsque la teinte de la liqueur n'augmente plus d'intensité, on laisse refroidir complétement pour étendre ensuite d'eau froide récemment bouillie. Après cela il faut décanter sans entraîner le zinc, laver le flacon une ou deux fois, puis verser rapidement la solution titrée de permanganate de potasse. La zircone est obtenue par différence.

L'auteur indique en outre des moyens de dosage volumétrique du fer et de l'acide titanique, du fer, de la zircone et de l'acide titanique ; comme ils ne constituent qu'une modification du procédé ci-dessus, nous renverrons au mémoire original les chimistes désireux de les connaître.

M. Pisani reconnaît directement la présence de la zircone lorsqu'elle renferme de l'acide titanique, de la manière suivante : le mélange est dissous et réduit comme on l'a vu plus haut (mais il ne faut pas l'étendre ni y maintenir un excès trop grand d'acide chlorhydrique) pour être ensuite précipité par un excès de sulfate de potasse qui entraîne la zircone avec une trace d'acide titanique. Le sulfate double est ensuite séparé par le filtre, lavé avec du sulfate de potasse et la terre en est ensuite retirée par l'un des moyens connus ; on la reconnaît aisément à la coloration orangée qu'elle donne au papier de curcuma ; toutefois on ne peut pas arriver ainsi à un dosage quantitatif.

Les expérimentateurs qui ont eu l'occasion d'analyser des molybdates, et en particulier ceux d'ammoniaque, savent la difficulté qu'il y a à déterminer d'une manière exacte et rapide l'acide molybdique ; d'après M. Pisani, la méthode de réduction

par le zinc et d'évaluation au moyen du permanganate de potasse conduirait facilement à ce résultat. M. D.

H. Sainte-Claire Deville. Dissociation de l'oxyde de carbone, des acides chlorhydrique, sulfureux et carbonique; décomposition de l'ammoniaque. (*Compt. rend. Ac. des Sc.*, t. LX, p. 317).

L'auteur avait déjà effectué la dissociation (décomposition partielle) de l'oxyde de carbone au moyen d'un appareil qui se compose d'un tube de porcelaine qu'on peut chauffer à la température la plus élevée et qui est traversé dans toute sa longueur par un tube métallique étroit, maintenu à la température ordinaire au moyen d'un courant d'eau. L'anneau cylindrique dans lequel circule le gaz mis en expérience se trouve ainsi composé de deux parois dont les températures peuvent différer de 1500°.

1° *Acide sulfureux.* A 1200° l'acide sulfureux subit une décomposition partielle en soufre et acide sulfurique anhydre; le premier se combine avec le métal du tube froid et le second se dépose à la surface de celui-ci.

2° *L'acide chlorhydrique* se dissout très-faiblement à 1500° en chlore que l'on peut obtenir en combinaison avec du mercure à la surface du tube froid recouvert d'argent amalgamé, et en hydrogène qui se retrouve parmi l'acide non décomposé. Les quantités de chlore et d'hydrogène ainsi produites sont très-petites, quoique bien appréciables.

3° *L'oxyde de carbone.* Les premières expériences de M. Deville ont fait voir que l'oxyde de carbone peut se dissocier en carbone et acide carbonique. Il en résulte que l'oxyde de carbone peut se transformer partiellement en acide carbonique même en présence du charbon. En effet, si l'on fait traverser un tube de verre chauffé contenant du noir de fumée purifié, par un courant d'oxyde de carbone, on constate que le gaz sortant a acquis la propriété de précipiter l'eau de baryte et que le noir de fumée

a acquis une augmentation de poids équivalente à l'acide carbonique formé.

4° *L'acide carbonique* a une tension de dissociation assez forte. Les produits obtenus sont de l'oxygène et de l'oxyde de carbone.

L'auteur a comparé l'action de l'étincelle électrique avec celle de ses tubes froid et chaud, et il a reconnu l'analogie la plus frappante dans les résultats et dans le mode d'action. M. D.

Dr SCHWARTZENBACH. UEBER DAS VERHÆLTNISS.... SUR LES RELATIONS DE L'ALBUMINE AVEC LA CASÉINE.[1] (*Ann. der Chemie und Pharmacie*, février 1865, p. 183.)

M. Schwartzenbach qui s'était déjà servi des composés que plusieurs substances organiques forment avec le platino-cyanure de potassium pour déterminer l'équivalent de celles-ci, vient d'étudier comparativement, à ce point de vue, l'albumine et la caséine. En combinant ces deux matières protéiques avec le cyanure potassico-platinique, brûlant le produit lavé et dosant le platine résidu unique de la combustion, l'auteur a reconnu que l'on doit attribuer à l'albumine un équivalent (1612), et par conséquent, une formule double de celui de la caséine (806), et il en conclut que lors de la sécrétion de la caséine, il se produit un simple dédoublement de la molécule d'albumine. MM. Millon et Commaille viennent aussi de publier un travail sur la caséine; nous y reviendrons dans un prochain numéro de ce journal et à cette occasion nous dirons encore quelques mots des recherches de M. Schwartzenbach. M. D.

ZOOLOGIE, ANATOMIE ET PALÉONTOLOGIE.

A. DE QUATREFAGES. NOTE SUR LA CLASSIFICATION DES ANNÉLIDES. (*Compt. rend. de l'Acad. des Sc. de Paris*, 27 mars 1865).

Après une série de recherches anatomiques variées sur de nombreux types de la classe des Annélides, M. de Quatrefages s'est

[1] Ce travail a été communiqué à la Société helvétique des Sciences naturelles à Zurich. Voyez *Archives*, 1864, t. XXI, p. 144.

trouvé mieux placé qu'aucun autre, peut-être, pour tenter un remaniement de la classification de ces vers. Le dernier travail systématique sur cette classe, celui de M. Grube, date de 1851 et des recherches nombreuses sont venues depuis lors enrichir nos connaissances relatives à ce groupe. L'ouvrage du savant français remplira donc une lacune sensible dans nos bibliothèques zoologiques. Pour le moment nous ne possédons qu'un aperçu insuffisant de cette œuvre improtante. Le livre est à l'impression et son auteur fait connaître par avance le tableau des ordres, des familles et des genres adoptés par lui, afin de provoquer de la part de ses confrères, comme il le dit lui-même, quelques observations qu'il puisse mettre à profit.

Cette espèce d'appel au public nous autorise à présenter, sans justification préalable, quelques remarques sur la classification de M. de Quatrefages, même avant la publication de l'ouvrage annoncé. Cette publication mettra sans doute à néant quelques-unes de nos critiques. D'autres subsisteront peut-être, ou même trouveront grâce devant l'illustre académicien.

L'auteur continue, comme il l'a fait dès 1859, d'éliminer de la classe des Annélides, les Hirudinées, les Géphyriens et les Oligochètes (Erythrèmes Quatrefages). Cette élimination faite au moment où d'autres auteurs s'efforcent au contraire de faire rentrer parmi les Annélides les Géphyriens qui en avaient été si longtemps exclus, paraît justifiable pour une partie tout au moins de ces groupes d'animaux, mais saurait difficilement s'étendre jusqu'aux Oligochètes. Ces vers sont certainement des Annélides pur sang, et s'éloignent bien moins de la plupart des familles laissées dans cette classe par M. Quatrefages que les *Phoronis* Wright (*Crepina* Ben.), par exemple, et pourtant l'auteur assigne à cette forme singulière une place dans la famille des Serpulacés.

La raison qui fait exclure les Oligochètes (Erythrèmes) de la classe des Annélides par M. de Quatrefages est d'ailleurs d'un poids léger dans la balance. Ce savant distingue dans l'embran-

chement des vers deux séries de classes, l'une dioïque, l'autre monoïque. Les classes monoïques sont les Oligochètes, les Bdelles, les Turbellariées, les Cestoïdes ; les classes dioïques sont les Annélides, les Rotateurs, les Géphyriens, les Malacobdelles, les Miocœlés, les Nématodes. Or, le caractère de l'androgynie ou de la séparation des sexes est un caractère secondaire qui ne peut servir à la distinction des classes. Plusieurs genres de Serpulacés renferment des espèces monoïques et M. de Quatrefages ne leur en assigne pas moins une place parmi ses Annélides dioïques. Il n'exclut pas davantage les Nématodes hermaphrodites de sa classe dioïque des Nématodes, pas plus que la Planaire dioïque de sa classe monoïque des Turbellariés, ni que certains cestoïdes dioïques de sa classe monoïque des Cestodes. A chaque pas dans les autres divisions du règne animal nous rencontrons la monœcie et la diœcie côte à côte dans la même classe, la même famille, quelquefois le même genre. Nous n'hésitons donc pas à penser que M. de Quatrefages accorde trop d'importance au caractère de la distribution des sexes dans sa répartition des vers en classes. Les Oligochètes sont, leur monœcie mise à part des Annélides sous tous les rapports et ils resteront dans cette classe malgré cette monœcie. D'autre part, les Branchiobdelles sont, à tant de points de vue, identiques avec les Oligochètes que la réintégnation de toute la série des Bdelles, c'est-à-dire des Hirudinées, dans la classe des Annélides semble devenir un désidératum de la science.

Après avoir restreint la classe des Annélides au groupe des Annélides polychètes de M. Grube, M. de Quatrefages le subdivise comme M. Audouin et M. Milne Edwards en deux ordres : celui des Annélides errantes et celui des Annéliees sédentaires. Ces deux ordres sont dans leurs grands traits très-naturels, car, sous des noms différents, ils ont été admis par tous les auteurs. Seulement la manière dont M. de Quatrefages les caractérise soulèvera des critiques parce qu'elle le conduit à quelques conséquences évidemment forcées. C'est ainsi qu'il classe la famille des Nériniens

parmi les Annélides errantes et la famille des Leucodoriens parmi les Annélides sédentaires. Or ces deux familles renferment des vers si proches parents les uns des autres qu'ils forment évidemment une seule famille naturelle. Cela est si vrai, que cette famille a déjà été établie par M. Sars qui l'a caractérisée avec beaucoup de soins, sous le nom de famille des Spiodiens. Le célèbre Norwégien, dans l'établissement de cette famille, a certainement donné une nouvelle preuve de la justesse si souvent éprouvée de son coup d'œil zoologique. D'une manière générale, c'est à lui que nous devons les meilleurs travaux récents sur la classification des Annélides, travaux dont M. de Quatrefages tiendra plus de compte, nous l'espérons, dans son ouvrage, qu'on ne pourrait le supposer par la note que nous avons sous les yeux. La meilleure preuve que la distinction des deux familles des Nériniens et des Leucodoriens repose sur une base artificielle, c'est que l'auteur place le genre Nérine dans l'une et le genre Spio dans l'autre ou au moins dans un appendice de l'autre. Or ces deux genres, comme M. Sars l'a montré, sont identiques. Que M. de Quatrefages eût de bonnes raisons pour opérer un triage dans la famille des Ariciens où M. Grube plaçait soit les Leucodores soit les Nérines, c'est ce que peu de personnes contesteront d'une manière absolue. Mais ce triage a déjà été fait d'une manière très-judicieuse. La véritable distinction à faire est celle entre les Ariciens et les Leucodoriens ou Spiodiens, mais alors il faut faire rentrer dans cette dernière famille les genres Spio, Pygospio, Nérine et les autres Nériniens de M. de Quatrefages, y compris le genre Aonis, qui, pour le dire en passant, paraît avec raison devoir être considéré comme ne reposant que sur des Nérines à antennes arrachées[1].

La place assignée aux Tomoptéridiens parmi les Annélides sédentaires paraît aussi propre à soulever quelques objections. Le nom s'applique dans tous les cas mal aux Tomopteris qui, avec

[1] Quant au genre Polydore de Bosc, admis par M. de Quatrefages, il est synonyme du genre Leucodore.

les Amphinomiens, sont au point de vue du genre de vie les Annélides errantes par excellence. Toutefois, les Tomoptéridiens forment un type dégradé si anormal, qu'ils cadrent mal avec chacun des ordres d'Annélides, tout en restant des Annélides incontestables.

Sauf les restrictions que nous venons d'indiquer, la répartition des Annélides en 26 familles, proposée par M. de Quatrefages, conduit à des groupes naturels; cependant il existe un grand nombre de genres, souvent assez bien connus, que l'auteur n'a su faire rentrer dans aucune des cases de sa classification. Il les énumère dans des appendices aux familles avec lesquelles ces genres lui semblent avoir le plus d'affinité, sous le nom de «genres *incertæ sedis.*» Le nombre de ces genres à position incertaine est considérable, car il s'en trouve 64 sur un nombre total de 245. Évidemment M. de Quatrefages mérite des éloges pour la prudence avec laquelle il a procédé, préférant garder protocole ouvert dans tous les cas d'incertitude, plutôt que d'assigner, comme on le fait en général, une position arbitraire à des genres anormaux. Il est cependant des cas nombreux où l'incertitude de l'auteur semble résulter d'une connaissance insuffisante des animaux en question.

Citons-en quelques exemples. Le genre *Zygolobus* de Grube, sur la position duquel l'auteur est incertain, est un Lombrinérien aussi typique que possible, dans le sens que M. de Quatrefages donne à cette famille[1]. Les *Spio* sont sans aucun doute des Leucodoriens, les Magelona (placés sans doute par erreur à la suite des Ariciens) sont également des Leucodoriens, les Polycirrus sont des Térébelliens dégradés, probablement identiques avec le genre Apneumée de M. de Quatrefages, les *Halimede* Rathke sont de véritables Hésioniens, génériquement identiques avec les *Psamathe* Johnst. que l'auteur place sans hésiter dans cette famille, etc., etc.

[1] Pour le dire en passant, nous doutons que la séparation de la famille des Euniciens telle qu'elle a été comprise jusqu'ici en deux familles distinctes, d'après la présence (Euniciens) ou l'absence (Lombrinériens) de branchies, soit toujours applicable dans la pratique.

Quelquefois on croit remarquer dans le tableau de M. de Quatrefages des erreurs de synonymie combinées avec des rapprochements surprenants. C'est ainsi que l'auteur place les *Spinther* Johnst. comme un genre *incertæ sèdis* à la suite des Chlorémiens et les *Cryptonotus* Stimps., également *incertæ sedis* à la suite des Amphinomiens. Or ces deux genres sont synonymes l'un de l'autre et synonymes en outre du genre *Oniscosoma* Sars, que l'auteur a eu raison de laisser en dehors de sa nomenclature. En outre, les recherches de M. Stimpson et surtout celles très-circonstanciées de M. Sars nous ont enseigné que les Spinthers sont très-proches parents des Euphrosynes et rentrent par conséquent dans la famille des Amphinomiens.

M. de Quatrefages place le genre *Eumenia* Œrst. à la suite (*incertæ sedis*) des Phyllodociens. Il est cependant à peine permis de douter, surtout depuis les recherches de M. Sars, que ce genre ait sa place naturelle dans la famille des Arénicoliens. En revanche, M. de Quatrefages laisse le genre Dasybranche dans la famille des Arénicoliens, où M. Grube l'avait placé dans le principe, tandis qu'il énumère les genres *Capitella* Blainv. et *Notomastus* Sars parmi les genres *incertæ sedis* à la suite des Clyméniens. Or, la faveur avec laquelle la famille des Capitellacés, formée à une époque plus récente par M. Grube (pour les genres Capitelle, Notomaste et Dasybranche), a été généralement accueillie, témoigne suffisamment qu'on ne peut rejeter cette famille sans de fortes raisons. Nous croyons qu'il existe peu de familles parmi les Annélides aussi naturelle que la famille des Capitellacés. Les caractères très-exceptionnels des soies subulées, qui sont très-différentes (pour toutes les rangées) dans la région antérieure et dans les segments suivants, joints à une disparition aussi complète des vaisseaux que chez les Glycères et à l'apparition de globules sanguins colorés dans la cavité périviscérale, suffisent déjà pour rendre évidente la parenté de ces trois genres. Les affinités réciproques de ces trois genres se manifestent, du reste, sur une foule d'autres points. Lorsque M. de Quatrefages éloigne les Dasybranches aux

branchies ventrales des Capitelles et des Notomastes abranches pour les rapprocher des Arénicoles aux branchies dorsales, il accorde, semble-t-il, à l'*existence* des branchies une importance exagérée. On pourrait lui rappeler qu'il a rencontré lui-même dans le genre Glycère des espèces abranches et des espèces munies de branchies. D'ailleurs des branchies dorsales, dans lesquelles circulent des vaisseaux (Arénicoles), ne sauraient être les homologues de branchies ventrales dépourvues de vaisseaux (Dasybranches).

L'une des familles, à l'étude desquelles M. de Quatrefages a certainement consacré le plus de soin, est la famille des Syllidiens. Qui n'a présentes à l'esprit ses belles recherches sur la reproduction de ces animaux? Aussi le nombre des genres nouveaux établis dans cette famille est-il considérable. Nous remarquerons cependant que les caractères utilisés par l'auteur ne sont pas toujours très-sûrs, comme le nombre des taches oculaires, souvent variable chez une même espèce. D'autres caractères sont, au contraire, excellents; ainsi M. de Quatrefages groupe avec raison les genres selon que leur gésier est armé ou inerme. Mais, chose curieuse, l'application ne semble pas toujours conforme au principe. C'est ainsi que plusieurs genres (*Syllis*, *Exogone*, *Autolytus*, *Sphærosyllis*), énumérés à côté de genres à gésier réellement inerme (Tetraglènes), comme munis d'un gésier inerme, ont en réalité le gésier armé. L'un d'entre eux même (Autolytus) offre peut-être l'armure la plus formidable qu'on rencontre chez les Syllidiens. Le genre *Heterosyllis* est énuméré deux fois, d'abord parmi les Syllidiens à gésier armé, puis parmi les Syllidiens à gésier inerme. Sans doute il faut ici soupçonner un *lapsus calami*, qui a fait inscrire dans l'un des cas le nom d'Heterosyllis à la place d'un autre.

Mais le plus grand reproche qu'on puisse faire à la classification des Syllidiens par M. de Quatrefages, c'est d'admettre un certain nombre de genres qui, dans l'état actuel de la science, doivent être indubitablement rayés. On sait, en effet, et M. de Quatre-

fages a été l'un des premiers à le montrer, que certains Syllidés ont une génération alternante, c'est-à-dire présentent une alternance régulière de générations sexuées et de générations asexuées. Les générations asexuées paraissent avoir toujours un gésier armé[1] et les générations sexuées un gésier inerme ou plutôt, pour parler plus exactement, ces dernières n'ont pas de gésier.

Il en est résulté que pendant longtemps on a rapporté les générations sexuées à d'autres genres que les générations asexuées. Dans la liste des genres admis par M. de Quatrefages nous remarquons les genres *Tetraglene*, *Ioida*, *Polybostrichus*, *Sacconereis* et *Diplocerœa* (peut-être aussi *Macrochœta* et *Polynice*) qui sont formés par des générations sexuées; les autres (ceux du moins qui nous sont connus) représentent des générations asexuées. L'admission de tous ces genres entraîne pour conséquence qu'une même espèce pourra être citée sous trois noms différents. Ainsi la forme asexuée de telle espèce appartiendra au genre Autolytus, la forme sexuée mâle au genre Polybostrichus et sa forme sexuée femelle au genre Sacconereis. Au besoin on pourrait assigner à cette espèce une quatrième place, puisque le genre *Diplocerœa* Grube paraît être synonyme du genre *Polybostrichus* Œrst. Enfin, cet inconvénient est poussé à l'extrême lorsque M. de Quatrefages place dans la famille des Hésioniens les *Pseudosyllis* Grube, vers asexués dont la forme sexuée, le genre *Tetraglene* Grube, est placée par lui dans la famille des Syllidiens.

Si M. de Quatrefages a introduit dans son tableau un assez

[1] Nous empruntons ici la terminologie de M. de Quatrefages. Chez beaucoup d'auteurs le nom de gésier a un sens tout différent. Il s'applique alors non pas à la partie antérieure du tube digestif armée de dents, mais au ventricule glanduleux qui suit. Peut-être d'ailleurs les inconséquences dans l'application du principe que nous avons signalé plus haut proviennent-elles de ce que M. de Quatrefages considère comme inermes tous les gésiers qui n'ont pas une paire de mâchoires proprement dites. Il ne tiendrait aucun compte dans ce cas de la formidable armure de dents que présentent certains genres et qui fournit d'excellents caractères de classification.

grand nombre de genres nouveaux que nous ne connaîtrons bien qu'à la publication de l'ouvrage même, il en a laissé de côté un grand nombre d'autres. Dans la plus grande partie des cas il a eu, sans doute, entièrement raison. Il nous a semblé avoir éliminé systématiquement presque tous les noms de M. Kinberg. Les genres *Aphrogenia*, *Halosydna*, *Antinoe*, *Harmothoe*, *Hermadion*, pas plus que les genres *Eupompe*, *Panthalis*, *Leanira* ne figurent dans la famille des Aphrodisiens. Les genres ajoutés par M. Kinberg à la famille des Amphinomiens, tels que les *Lirione*, *Hermodice*, *Eurythoe*, sont également éliminés. Nous le répétons, M. de Quatrefages a sans doute eu raison dans le plus grand nombre des cas en réunissant ces genres à d'autres, et il aurait même pu, selon nous, dans quelques cas, simplifier encore davantage sa classification, réunir, par exemple, les Polynoés et les Lepidonotus qui passent insensiblement les uns aux autres. Cependant la suppression de certains genres nous a surpris. Ainsi parmi les genres que nous venons d'énumérer, les *Eurythoe* semblent avoir plus de droits à l'existence que les autres. Les *Dasychone* Sars, parmi les Serpuliens, et les *Ophiodromus* Sars, parmi les Phyllodociens, paraissent aussi être de bons genres. Il en est peut-être de même des *Phyllochætopterus* Grube. Aucun genre de Syllidiens ne semble aussi clairement caractérisé que celui des Pterosyllis qui n'est pas même mentionné. Les *Thysanoplea* Schm. et les *Drilidium* Fr. Müll., ne sont nommés nulle part, mais il est vrai de dire que M. de Quatrefages ne les comprend peut-être pas dans la classe des Annélides dont il restreint les limites autant que possible. Toutes ces lacunes ne sont, sans doute, qu'apparentes et trouveront leur explication dans la publication de l'ouvrage définitif. Il est possible, en effet, que certains noms dont l'absence nous frappe aient été éliminés par des raisons suffisantes et soient remplacés par l'une ou l'autre des nombreuses dénominations nouvelles que nous voyons figurer dans le tableau.

L'ouvrage de M. de Quatrefages ne sera pas restreint aux An-

nélides dans le sens que l'auteur donne à ce mot. Il comprendra en outre une révision des Géphyriens. Une chose nous a particulièrement frappé dans la partie du tableau concernant ces vers. L'auteur ne distingue dans la famille des Siponculiens que deux genres, celui des Siponcles, à cirrés buccaux simples et celui des Dendrostomes, à cirrés ramifiés ou pinnés. Il semble donc que l'auteur, rejetant le nom générique de *Phascolosoma* Leuckart, le remplace par celui de Siponcle et qu'il réunit au genre *Dendrostomum* Grube tous les Siponcles de la zoologie actuelle. Nous comprenons difficilement par quels arguments cette révolution peut se justifier. L'ouvrage définitif fournira, nous l'espérons, des raisons suffisantes à l'appui.

C'est le cas de dire que la critique est aisée, mais que l'art est difficile. Toutefois, nous nous reprochons d'autant moins nos critiques que M. de Quatrefages a désiré en provoquer de côtés divers. La classification est un vrai rocher de Sisyphe. Toujours ses imperfections nous écrasent et nous ne réussissons à les écarter que pour les voir renaître sous une autre forme. Si la classification proposée par M. de Quatrefages prête le flanc à de nombreuses critiques, il faut reconnaître combien il serait difficile de réussir mieux. Nul n'a consacré autant de loisir et de travail à l'étude des Annélides, nul n'en a vu passer un plus grand nombre sous ses yeux ; nul, par conséquent, n'est en mesure de mieux dominer l'ensemble des matériaux accumulés de tous côtés pour la construction de l'édifice taxonomique dont M. de Quatrefages a entrepris l'exécution. Il faut quelque peu d'audace pour reviser dans son ensemble la classification des Annélides, de ces vers dont les affinités multiples conduisent forcément des esprits divers à des conclusions diverses aussi. Mais M. de Quatrefages a certes bien conquis le droit d'oser. « Quand les rois construisent, les charretiers trouvent de l'ouvrage, » dit un proverbe étranger. Lorsqu'un prince de la science édifie, pourra dire M. de Quatrefages, c'est bien le cas pour les manœuvres de mettre en mouvement le chariot de la critique.

Dr W.-H. Marcet. Chemical examination, etc. Examen chimique du liquide contenu dans la cavité périviscérale des vers nématodes (*Proceedings of the Royal Society.* London, Febr. 9. 1865.)

M. le Dr Marcet a pris pour thème de ses recherches la plus grosse ascaride qu'on puisse se procurer avec facilité, l'ascaride du cheval. Il a trouvé le liquide périviscéral légèrement acide, fort riche en principes albuminoïdes, puisqu'il se transforme en un coagulum solide à une température voisine de l'ébullition. Une quantité de ce liquide égale à dix centimètres cubes fut soumise à l'analyse par le dialyseur et se sépara en un liquide colloïde et un liquide cristalloïde. L'évaporation à siccité montra que la totalité des parties solides s'élevait à 82,7 pour ‰ dont environ $^2/_3$ de substances colloïdes et $^1/_3$ de substances cristalloïdes. Ces chiffres n'ont qu'une valeur approximative, la séparation des deux catégories de substances par le dialyseur n'étant jamais absolument exacte. Cependant l'incinération des matières colloïdes desséchées ne donna que 1,9 % de cendres, preuve que la presque totalité des substances inorganiques avait bien passé dans le dialyseur.

Le résidu cristalloïde était formé presque entièrement d'acide phosphorique et de potasse. L'absence à peu près totale de sulfates, de chlorures, et de chaux est digne d'être relevée. L'acide phosphorique et la potasse étaient combinés en majeure partie de manière à former un phosphate bibasique. Le phosphate tribasique ordinaire était en revanche peu abondant.

M. Marcet conclut que la composition chimique du liquide périviscéral des ascarides est très-voisine de celle du jus de viande et que les phénomènes intimes de l'assimilation doivent se ressembler beaucoup chez les vertébrés et les invertébrés.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A L'OBSERVATOIRE DE GENÈVE

sous la direction de

M. le Prof. E. PLANTAMOUR

PENDANT LE MOIS DE MARS 1865.

Le 4, belle couronne lunaire de 11 h. à minuit.
5, faible halo solaire à plusieurs reprises dans la matinée.
6, de 11 h. à 3 h. 30 m. halo solaire, le plus souvent faible et partiel; dans la soirée, à plusieurs reprises, halo lunaire et couronne lunaire.
8 et le 9, giboulées de neige à plusieurs reprises dans la journée; le 9, dans la soirée, couronne lunaire.
11. Il a neigé de 8 h. à 2 h., et de nouveau dans la soirée; à midi, la hauteur de la neige était de 35^{mm}, mais elle a fondu depuis ce moment et a disparu au bout de peu de temps.
14 halo lunaire dans la soirée.
17, gelée blanche.
19, Id.
20, il est tombé pendant presque toute la journée une neige très-peu abondante par une forte bise, d'où résulte que la petite quantité recueillie dans l'ombromètre est peut-être un peu trop faible. Il a été impossible de mesurer la hauteur de la neige tombée, qui était balayée dans quelques endroits et accumulée dans d'autres.
23, halo solaire partiel de 8 h. 30 m. à 11 h. 15 m.
24 et le 25, giboulées de neige à plusieurs reprises dans la journée; la quantité de neige tombée était trop faible pour être mesurée.
30, giboulées de neige dans l'après-midi et dans la soirée; quantité trop faible pour être mesurée.
31, neige pendant une grande partie de la journée: elle fond presque au fur et à mesure, en sorte que le sol est à peine blanchi.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.

MAXIMUM.	mm	MINIMUM.	mm
Le 4, à 8 h matin..	735,35	Le 1, à 6 h. matin...	721,81
7, à 8 h. soir.....	717,50	6, à 3 h. soir.. ..	712,33
10, à 10 h. soir. ...	723,30	8, à 8 h. matin ...	711,78
12, à 10 h. soir.....	722,51	11, à 2 h. soir.....	714.35
18, à midi.........	725,68	14, à 2 h. soir.....	715,97
21, à 10 h. matin ...	722,90	20, à 6 h. matin....	713,98
25, à 8 h, soir.....	725,38	22, à 2 h. soir......	716,43
31, à 10 h. soir.....	730,42	26, à 10 h. soir......	716,09

GENEVE. — MARS 1868.

Jours du mois.	Baromètre. Hauteur moy. des 24 h.	Baromètre. Écart avec la hauteur normale.	Température C. Moyenne des 24 heures.	Température C. Écart avec la temp. normale.	Température C. Minim.	Température C. Maxim.	Tension de la vap. Moy. des 24 h	Tension de la vap. Écart avec la tension normale.	Fract. de saturation en millièmes. Moy. des 24 h.	Fract. de saturation. Écart avec la fraction norm.	Fract. de saturation. Minimum.	Fract. de saturation. Maximum.	Pluie ou neige. Eau tomb. d. les 24 h.	Pluie ou neige. Nomb. d'h.	Vent dominant.	Clarté moy. du Ciel.	Temp. du Rhône. Midi.	Temp. du Rhône. Écart avec la temp. normale.	Limnimètre à midi
	millim.	millim.	o	o	o	o	mm	mm					mm.				o		pouces
1	722,60	— 3,20	+ 4,81	+ 2,13	+ 2,2	+ 7,9	4,90	+0,60	789	+ 5	500	910	6,5	7	SSO. 2	1,00	4,8	— 0,5	39,7
2	725,67	— 0,07	+ 5,02	+ 2,23	+ 3,0	+ 8,0	4,83	+0,52	769	— 13	570	870	3,5	6	SSO. 2	1,00	4,8	— 0,5	40,0
3	732,46	+ 6,77	+ 2,66	— 0,25	+ 0,4	+ 6,5	3,71	—0,60	687	— 93	530	930	7,0	8	NO. 1	0,92	4,7	— 0,7	39,8
4	733,95	+ 8,32	+ 0,59	— 2,43	— 3,4	+ 4,7	3,20	—1,12	706	— 71	440	960	.	..	N. 2	0,16	4,8	— 0,6	39,8
5	722,54	— 3,04	+ 2,48	— 0,65	— 2,5	+ 6,6	3,82	—0,51	721	— 54	360	970	0,5	1	SSO. 2	0,91	...	....	39,7
6	714,69	—10,83	+ 4,62	+ 1,38	+ 0,9	+ 9,7	4,25	—0,09	690	— 82	440	880	...	..	SSO. 1	0,76	4,9	— 0,6	39,5
7	715,48	— 9,99	+ 2,43	— 0,93	+ 1,0	+ 5,0	4,49	+0,14	848	+ 79	610	1000	2,9	4	variable	1,00	4,8	— 0,8	39,5
8	712,67	—12,74	+ 1,16	— 2,32	0,0	+ 5,0	4,21	—0,15	869	+102	620	960	0,9	4	variable	0,93	4,8	— 0,8	39,5
9	719,06	— 6,30	+ 1,32	— 2,27	— 0,4	+ 4,2	3,75	—0,62	767	+ 3	550	910	...	..	N. 1	0,62	4,8	— 0,9	39,7
10	722,23	— 3,07	+ 2,00	— 1,71	— 1,5	+ 4,6	3,46	—0,92	675	— 87	490	850	...	..	NNE. 2	0,72	4,7	— 1,0	39,8
11	715,34	— 9,91	— 0,10	— 3,93	— 1,2	+ 1,9	4,37	—0,02	971	+211	880	1000	2,7	8	N. 1	0,92	4,8	— 1,0	39,8
12	719,44	— 5,76	+ 1,77	— 2,18	0.0	+ 4,6	3,57	—0,84	711	— 46	560	880	...	..	NNE. 2	0,82	...	....	39,5
13	721,51	— 3,64	+ 1,92	— 2,15	+ 1,2	+ 3,7	3,64	—0,78	718	— 37	590	820	...	..	NNE. 1	1,00	4,7	— 1,2	39,0
14	716,53	— 8,57	+ 2,65	— 1,54	0,0	+ 5,7	3,96	—0,48	729	— 24	620	800	...	..	NNE. 2	0,69	4 7	— 1,2	39 0
15	721,67	— 3,38	+ 3,26	— 1,05	— 1,0	+ 6,6	4,06	—0,39	710	— 41	510	840	...	..	N. 1	0,67	5,2	— 0,8	38,7
16	723,47	— 1,63	+ 1,71	— 2,73	0,0	+ 4,0	3,35	—1,12	679	— 70	470	910	...	..	NNE. 1	0,88	5,1	— 1,0	38,3
17	723,55	— 1,40	+ 0,22	— 4,35	- 5,0	+ 4.6	3,45	—1,04	757	+ 10	490	1000	...	..	N. 1	0.49	5,0	— 1,1	38,0
18	724,93	+ 0,03	+ 2,93	— 1,77	— 0,1	+10,0	3,57	— 0,94	659	— 86	440	800	...	..	N. 1	0,29	5 4	— 0,8	37,5
19	719,08	— 5,77	+ 2,39	— 2,43	— 2,8	+ 6.5	3,70	—0,83	692	— 51	540	900	...	..	NNE. 2	0,83	...	.....	37,5
20	716,43	— 8,38	— 3,17	— 8,11	— 4,4	+ 2,0	3,38	—1.17	955	+214	890	970	0,8	18	NNE. 2	1,00	4,8	— 1,5	37,2
21	722,06	— 2,71	— 2,36	— 7,43	— 5,0	+ 0,7	3,35	—1,22	879	+140	780	990	...	..	NNE. 1	0,47	4.9	— 1,5	36,8
22	716,97	— 7,76	+ 0,45	— 4,75	— 2,7	+ 4.7	4,19	—0,41	893	+156	640	1000	0,6	3	variable	1,00	5,0	— 1,4	36,0
23	717,13	— 7,56	— 1,19	— 6,52	— 2,2	+ 1,3	3 56	—1,04	873	+138	790	960	...	..	NNE. 3	0,86	4,8	— 1,7	35,8
24	719,02	— 5,63	— 0,98	— 6,44	— 2,9	+ 2,6	3,50	—1,15	846	+112	710	970	..	..	NNE. 2	0,67	4,8	— 1,7	35,7
25	723,82	— 0,79	+ 0,28	— 5,31	— 3,1	+ 5,2	3,19	—1,49	730	— 2	420	930	...	.	variable	0,59	5,0	— 1,6	35,0
26	719,51	— 5,06	+ 2,37	— 3,35	— 1,6	+ 5.1	3,19	—1,52	605	—125	400	810	2,0	4	SO. 3	1,00	...	....	34,3
27	719,88	— 4,65	+ 1,47	— 4,38	— 1,0	+ 4,4	3.32	—1,42	677	— 52	470	790	. .	..	variable	0,77	5,0	— 1,7	34,2
28	723,60	— 0,90	— 1,20	— 7,18	— 2,8	+ 0,8	3,32	—1,45	819	+ 92	600	880	..	..	NNE. 2	0,64	4,7	— 2,1	34,0
29	724,60	+ 0,13	— 2,79	— 8,90	— 4,7	— 0,5	2,92	—1,88	796	+ 70	660	900	...	..	NNE. 2	0,26	3,9	— 3,0	34,0
30	725,99	+ 1,55	— 2,57	— 8,82	— 8.4	+ 1,3	3,11	—1,72	809	+ 84	650	1000	..	.	NNE. 1	0,69	4,3	— 2,6	33,5
31	729,67	+ 5,26	— 0,54	— 6,92	— 4,5	+ 3,6	3,82	—1,05	868	+144	590	970	1,1	8	variable	0.97	4,7	— 2.3	33,0

MOYENNES DU MOIS DE MARS 1865.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h. s.
Baromètre.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade,	722,00	722,26	722,30	722,17	721,78	721,76	722,12	722,34	722,39
2e »	720,14	720,31	720,31	720,20	719,83	719,82	720,20	720,57	720,76
3e »	721,61	722,01	722,23	722,11	721,79	721,75	722,09	722,50	722,49
Moi	721,26	721,54	721,63	721,51	721,16	721,13	721,49	721,83	721,90
Température.									
	o	o	o	o	o	o	o	o	o
1re décade	+ 1,10	+ 1,55	+ 3,42	+ 5,04	+ 5,20	+ 4,65	+ 3,25	+ 2,56	+ 2,05
2e »	− 0,18	+ 0,49	+ 1,58	+ 2,46	+ 3,31	+ 3,46	+ 2,70	+ 1,83	+ 0,92
3e »	− 2,77	− 1,23	+ 0,34	+ 1,47	+ 1,66	+ 1,04	+ 0,22	− 0,69	− 1,24
Mois	− 0,69	+ 0,22	+ 1,73	+ 2,94	+ 3,33	+ 2,99	+ 2,00	+ 1,17	+ 0,52
Tension de la vapeur.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade,	4,33	4,41	4,20	3,85	3,71	3,79	4,18	4,22	4,31
2e »	3,82	3,83	3,89	3,47	3,49	3,69	3,84	3,65	3,90
3e »	3,28	3,38	3,14	3,27	3,47	3,70	3,66	3,67	3,56
Mois	3,79	3,86	3,72	3,52	3,55	3,73	3,89	3,91	3,91
Fraction de saturation en millièmes.									
1re décade,	873	859	717	588	573	599	724	765	809
2e »	848	812	767	654	610	639	703	741	802
3e »	886	803	676	651	685	755	781	840	845
Mois	870	824	719	632	625	667	737	784	819

	Therm. min.	Therm. max.	Clarté moyenne du Ciel.	Température du Rhône.	Eau de pluie ou de neige.	Limnimètre.
	o	o		o	mm	p.
1re décade,	− 0,03	+ 6,22	0,80	4,79	21,3	39,70
2e »	− 1,33	+ 4,96	0,76	4,96	3,5	38,45
3e »	− 3,54	+ 2,64	0,72	4,71	3,7	34,75
Mois	− 1,69	+ 4,54	0,76	4.81	28,5	37,54

Dans ce mois, l'air a été calme 0 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 2,02 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 0°,2 E. et son intensité est égale à 50 sur 100.

TABLEAU

DES

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AU SAINT-BERNARD

pendant

LE MOIS DE MARS 1865.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.

MAXIMUM.	mm	MINIMUM.	mm
Le 4, à midi..........	563,86	Le 1, à 2 h. soir....	555,83
10. à 8 h. soir.....	555,61	8, à 10 h. matin..	546,01
12, à 10 h. soir	555,48	11, à midi.........	548,59
15, à 8 h. soir	557,15	14, à 8 h. matin..	551,36
18, à midi	558,41	16, à 2 h. soir...	554,56
21, à 10 h. soir	556,49	20, à 10 h. matin..	550.68
25, à 10 h. soir....	556,17	23, à 2 h. soir.. .	546,72
31, à 10 h. soir.. .	559,74	28, à 8 h. matin..	550,76

SAINT-BERNARD. — MARS 1865.

Jours du mois.	Baromètre. Hauteur moy. des 24 heures.	Ecart avec la hauteur normale.	Minimum.	Maximum.	Température, C. Moyenne des 24 heures.	Ecart avec la température normale.	Minimum.[1]	Maximum.[1]	Pluie ou neige. Hauteur de la neige.	Eau tombée dans les 24 h.	Nombre d'heures	Vent dominant.	Clarté moy. du Ciel.
	millim.	millim.	millim.	millim.	°	°	°	°	mm	mm			
1	556,11	— 3,66	555 83	556,35	— 9,29	— 0,83	—11,0	— 5,9	80	6,3	12	NE. 1	1,00
2	558,96	— 0,81	557,97	559,47	— 8,14	+ 0,25	—10,8	— 5,9	40	3,4	8	NE. 1	0,98
3	561,13	+ 1,36	558,78	562,75	—12,99	— 4,67	—15,2	—10,0	......	......	......	NE. 3	1,00
4	562,82	+ 3,06	561,65	563,86	—13 61	— 5,35	—15,5	— 7,2	......	......	......	NE. 1	0,44
5	557,24	— 2,52	555,25	559,55	— 8,58	— 0,38	—12,0	— 4,7	......	......	......	SO. 1	0,76
6	551,50	— 8,26	550,79	552,58	—11,77	— 3,64	—13,0	— 9,9	......	......	......	SO. 1	0,82
7	549,55	—10,21	548,30	550,56	—11,52	— 3,46	—12,5	— 8,0	60	7,9	10	NE. 1	1,00
8	547,05	—12,71	546,01	548,36	—12,79	— 4,80	—14,1	— 8,8	20	1,0	4	NE. 1	1,00
9	551,32	— 8,45	549,70	552,81	—14,32	— 6,40	—15,2	—12,0	......	......	......	NE. 1	0,86
10	554,22	— 5,55	552,77	555,81	—14,22	— 6,37	—16,1	—11,9	......	......	......	NE. 1	0,41
11	549,63	—10,14	548,59	552,29	—11,24	— 3,47	—13,3	— 8,2	50	4,2	10	variable	0,98
12	553,93	— 5,85	551,55	555,48	— 9,08	— 1,39	—10,5	— 5,4	30	3,3	4	NE. 1	0,32
13	553,89	— 5,90	553,26	554,85	— 8,69	— 1,08	—12,7	— 5,4	......	......	......	variable	0,26
14	552,24	— 7,56	551,36	553,63	—10,58	— 3,05	—11,2	— 9,0	20	0,5	3	SO. 1	1,00
15	556 22	— 3,59	554,70	557,15	—10,97	— 3,52	—14,1	— 8,0	......	......	......	SO. 1	0,96
16	554,98	— 4,84	554,56	555,75	—12,34	— 4,98	—14,8	— 8,2	......	......	......	NE. 1	0,89
17	555,67	— 4,16	554,67	556,71	—11,20	— 3,93	—15,0	— 6,6	......	......	......	NE. 1	0,10
18	557,90	— 1,95	557,05	558,41	— 9,21	— 2,03	—12,5	— 4,9	......	......	......	SO. 1	0,01
19	555,18	— 4,68	553,97	555,93	— 9,23	— 2,14	—11,0	— 7,1	......	......	......	SO. 1	0,98
20	551,32	— 8,56	550,68	552,79	— 9,14	— 2,14	—10,2	— 6,0	80	7,7	5	SO. 1	0,99
21	555,99	— 3,91	554,54	556,49	— 8,61	— 1,70	—11,5	— 4,6	......	......	......	SO. 1	0,08
22	552,04	— 7,88	550,63	553,54	— 8,89	— 2,08	—11,0	— 4,9	10	1,1	2	variable	1,00
23	547,10	—12,85	546,72	547,55	—17,58	—10,87	—19,1	—15,1	20	2,1	4	NE. 2	1,00
24	549,68	—10,29	547,37	551,80	—17,62	—11,01	—20,0	—15,1	......	......	......	NE. 2	0,76
25	554,18	— 5,82	550,88	556,17	—16,21	— 9,70	—19,3	—12,8	......	......	......	NE. 1	0,52
26	554,06	— 5,97	553,38	554,83	—14,41	— 8,00	—17,3	—12,7	5	0,9	9	SO. 1	0,89
27	551,79	— 6,27	551,23	552,05	—13,25	— 6,94	—15,5	— 9,9	60	6,8	6	NE. 2	0,99
28	551,61	— 8,48	550,76	552.22	—17,20	—11,00	—20,0	—14,3	......	......	......	NE. 3	0,94
29	552,16	— 7,96	551,17	553,35	—20,28	—14,19	—21,7	—17,6	......	......	......	NE. 3	0,41
30	555,10	— 5,05	553,35	557,23	—17,91	—11,93	—19,3	—15,4	10	1,0	2	NE. 2	0,63
31	558,98	— 1,21	557,94	559,74	—13,48	— 7,61	—15,8	— 9,4	......	......	......	NE. 2	0,91

[1] Les chiffres renfermés dans ces colonnes donnent la plus basse et la plus élevée des températures observées de 6 h. du matin à 10 h. du soir, les thermomètrographes étant hors de service.

MOYENNES DU MOIS DE MARS 1865.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s	8 h. s.	10 h.

Baromètre.

	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade,	554,62	554,56	554,82	555,05	554,98	555,10	555,21	555,21	555,29
2e »	553,94	553,79	553,89	554,09	553,89	554,03	554,23	554,46	554,49
3e »	552,23	552,15	552,81	552,99	552,94	553,03	553,24	553,63	553,68
Mois	553,55	553,46	553,81	554,01	553,90	554,02	554,29	554,41	554,46

Température

	°	°	°	°	°	°	°	°	°
1re décade,	−12,20	−11,83	−10,94	− 9,61	− 9,05	−10,69	−12,22	−12,56	−12,71
2e »	−12,20	−10,90	− 8,96	− 8,10	− 7,13	− 8,04	−10,32	−10,94	−11,23
3e »	−16,53	−15,05	−13,64	−12,77	−12,27	−13,55	−15,29	−16,17	−16,40
Mois	−13,74	−12,67	−11,26	−10,25	− 9,57	−10,85	−12,70	−13,32	−13,54

	Min. observé.[1]	Max. observé.[1]	Clarté moy. du Ciel.	Eau de pluie ou de neige.	Hauteur de la neige tombée.
	°	°		mm	mm
1re décade,	−13,54	− 8,43	0,83	18,6	200
2e »	−12,53	− 6,88	0,65	15,7	180
3e »	−17,32	−11,98	0,74	11,9	105
Mois	−14,55	− 9,19	0,74	46,2	485

Dans ce mois, l'air a été calme 3 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 2,88 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 45°E., et son intensité est égale à 63 sur 100.

[1] Voir la note du tableau.

BIBLIOTHÈQUE UNIVERSELLE

ARCHIVES DES SCIENCES PHYSIQUES ET NATURELLES.



TABLE DES MATIÈRES

CONTENUES DANS LE TOME XXII (NOUVELLE PÉRIODE)

1865. — Nos 85 à 88.

BULLETIN SCIENTIFIQUE.

ASTRONOMIE.

PHYSIQUE.

CHIMIE.

ZOOLOGIE, ANATOMIE ET PALÉONTOLOGIE.

BOTANIQUE.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES
faites à Genève et au Grand St-Bernard.

ARCHIVES

DES

SCIENCES PHYSIQUES ET NATURELLES

GENÈVE. — IMPRIMERIE DE JULES-GUILLAUME FICK.

BIBLIOTHÈQUE UNIVERSELLE

ET

REVUE SUISSE

ARCHIVES

DES

SCIENCES PHYSIQUES ET NATURELLES

NOUVELLE PÉRIODE

TOME VINGT-TROISIÈME



GENÈVE

BUREAU DE LA BIBLIOTHÈQUE UNIVERSELLE

4, rue de l'Hôtel-de-Ville

LAUSANNE

DELAFONTAINE & ROUGE

NEUCHATEL

DELACHAUX & SANDOZ

1865

RECHERCHES

SUR LA

COMPOSITION DES MOLYBDATES ALCALINS

PAR

M. MARC DELAFONTAINE

AVEC LA DESCRIPTION DES FORMES CRISTALLINES PAR M. C. MARIGNAC.

Dans son grand travail sur l'*acide fluorhydrique et ses combinaisons les plus remarquables*, publié en 1825, Berzélius a signalé l'existence d'une classe de composés semblables aux fluotungstates, et qu'il regardait comme résultant de l'union d'un molybdate avec le fluomolybdate correspondant. L'illustre chimiste suédois paraît s'être borné à l'étude d'un petit nombre seulement de ces sels, du moins n'a-t-il fait connaître que la composition et les propriétés de celui de potasse.

Sur l'invitation de M. Marignac, j'ai repris dernièrement ce sujet, en vue surtout de savoir si les fluoxymolybdates manifesteraient les curieuses relations d'isomorphisme que mon savant compatriote a reconnu exister entre les fluoxytungstates, les fluoxyniobates et les fluotitanates.

Mais j'ai dû, au préalable, me mettre au courant de l'histoire des molybdates eux-mêmes et en parcourant les

travaux de mes devanciers, je suis demeuré frappé de l'incertitude qui règne encore sur la composition de plusieurs d'entre eux, de celui d'ammoniaque par exemple, pour lequel on a proposé tour à tour les formules :

$$\text{Am O, H O, 2 Mo O}^3$$
$$\text{2 Am O, 5 H O, 5 Mo O}^3$$
$$\text{Am O, 3 HO. 4 Mo O}^3.$$

Il m'a donc paru nécessaire de faire une révision générale des molybdates alcalins, en m'attachant surtout à ceux qui offrent des formes cristallines déterminables. Les résultats de cette révision étant, je crois, de nature à intéresser les chimistes, je vais les consigner ici.

Molybdates.

On a admis pendant longtemps que l'acide molybdique forme surtout, avec les bases, des sels neutres et des sels à deux équivalents d'acide. Mais MM. Svanberg et Struve[1] et M. Zenker[2] ont établi l'existence d'autres rapports plus compliqués, savoir ceux de 2 : 3, de 4 : 9, de 1 : 3, etc. Comme on le voit, malgré les analogies assez nombreuses des acides molybdique et tungstique, ces rapports diffèrent de ceux qui s'observent le plus habituellement dans les tungstates (3 : 7 et 5 : 12); une interprétation différente des analyses publiées avant moi et des miennes propres m'ont conduit à reconnaître que la formule générale $3\,RO,7MoO^3$ rend mieux compte de la composition des molybdates représentés jusqu'ici par $2RO,5MoO^3$ et $4RO,9MoO^3$.

[1] Voy. la bibliographie à la fin de ce mémoire.
[2] Id. id.

Le poids atomique du molybdène a été le sujet de plusieurs séries d'expériences très-laborieuses exécutées par MM. Svanberg et Struve, et dont les deux plus concluantes ont donné le nombre 576. Plus récemment, M. Dumas est arrivé à 600 par la réduction de l'acide molybdique au moyen de l'hydrogène, tout en reconnaissant que ce résultat ne peut pas être considéré comme définitif. J'ai tenté quelques essais par des méthodes différentes qui permissent de trancher la question en faveur de l'un ou de l'autre des nombres en présence; le peu de concordance de ces essais ne les rend pas dignes d'être cités ici avec quelque détail; ils m'ont cependant paru suffisants pour adopter le nombre proposé par MM. Svanberg et Struve. Les formules des composés dont la description va suivre ont donc été calculées en prenant l'acide molybdique $MoO^3 = 875$.

M. Marignac, avec son obligeance habituelle, a bien voulu se charger de déterminer la forme des cristaux que j'ai été à même de préparer; sur son désir et pour ne pas rompre l'uniformité du travail, j'ai intercalé à leurs places respectives les descriptions de ces formes.

Molybdate neutre de potasse.

$$KO, MoO^3 + 5aq.$$

MM. Svanberg et Struve ont décrit un molybdate neutre de potasse à un demi-équivalent d'eau de cristallisation; je n'ai pas réussi à reproduire cet hydrate, en revanche j'en ai obtenu un autre beaucoup plus riche en eau. Ce dernier s'est formé par le refroidissement et l'évaporation spontanée d'une dissolution concentrée obtenue en traitant par l'eau le produit de la fusion d'un équivalent

d'acide molybdique avec un équivalent de carbonate de potasse. Il se présente en prismes hexagonaux réguliers, limpides et incolores, plus ou moins volumineux, suivant le temps qu'ils ont mis à se former, et qui peuvent atteindre jusqu'à un centimètre de diamètre sur trois de longueur.

La forme la plus habituelle de ces cristaux est celle du prisme terminé par la pyramide à six faces *m* et la base P; quelquefois cette dernière manque; plus rarement encore la pyramide disparaît tout à fait et l'on n'a plus que les faces MP.

Angles.

	Calculé.	Observé.
	M : M = 120°	* 120°0
{	M : m = 114°31′	114°30′
{	m — m = 130°58′	131° 0′
{	P : m = 123°55′	124° 0′
{	m ∧ m = 67°50′	* 67°50′.

Le molybdate neutre de potasse est très-soluble dans l'eau froide, beaucoup plus encore dans l'eau chaude; il ne paraît pas efflorescent; une température voisine de 100° lui fait perdre toute son eau, après quoi il subit la fusion ignée au-dessous du rouge; par le refroidissement il forme un verre blanc à structure radiée.

Analyse. — Je me suis assuré que, par la fusion avec du carbonate de soude, ce sel ne déplace point d'acide carbonique.

I. 1,165 ont perdu 0,318 = 27,30 pour cent d'eau.

II. 2,376 ont perdu 0,6445 = 27,13 pour cent d'eau.

Moyenne : 27,22.

La formule $KO,MoO^3,5aq$ demande 27,74 pour cent.

Molybdate $^{7}/_{3}$ acide de potasse.

$3KO, 7MoO^3 + 4 aq.$

Le sel que j'appelle molybdate $^{7}/_{3}$ acide de potasse, a déjà été décrit par MM. Svanberg et Struve sous le nom de *sel double de bi-et de tri-molybdate.* Je l'ai obtenu d'une manière constante en traitant l'acide molybdique par du carbonate de potasse même en excès, évaporant le tout presque à sec et reprenant le résidu farineux par une quantité d'eau chaude, juste suffisante pour le redissoudre. Par le refroidissement ou au bout de quelques jours seulement, il se déposait des prismes tantôt isolés et plus longs, tantôt plus courts et groupés en masses rayonnées, de manière à ce que les sommets fussent seuls visibles.

On ne peut pas purifier ce produit par des cristallisations répétées ; en effet, l'eau pure le décompose soit à froid soit à chaud, en tri-molybdate très-volumineux, insoluble, et en molybdate neutre,

$$3KO, 7MoO^3 = 2(KO, 3MoO^3), + (KO, MoO^3),$$

mais comme les cristaux sont à la fois petits et peu solubles, on les obtient dans un état suffisant de pureté en les pressant entre plusieurs doubles de papier à filtrer.

Le molybdate $^{7}/_{3}$ acide de potasse est isomorphe avec le molybdate d'ammoniaque ordinaire ($2AmO,5MoO^3,3HO$ de MM. Svanberg et Struve). La forme dérive d'un prisme rhomboïdal oblique ; les cristaux sont très-striés, ensorte que les mesures sont seulement approximatives. Il a paru inutile de faire le calcul de la forme, on a rapporté seu-

lement les angles correspondants calculés du sel d'ammoniaque, attendu que les différences ne dépassent pas les limites de variation que l'on peut espérer des mesures. Les faces observées sont celles d'un prisme rhomboïdal M, tronqué sur son arête latérale par la face verticale E et portant comme terminaison les faces $e^2 \tau$.

	Observé.	*Calculé.* (Sel d'ammoniaque.)
$E : M$ =	104°45'	104°48'
$E : e^2$ =	112,30	113,45
$M : e^2$ =	115,26	115,59
$M : \tau$ =	119,10	119,37
$M : e^{2\prime}$ =	76,40	76,24
$E : \tau$ =	121,50	122,39
$M : \tau'$ =	77,40	77,10

Analyse. — I. 2g,2475 de sel ont perdu 0,124, soit 5,51 pour cent d'eau.

II. 3g,904 ont perdu 0,2235 ou 5,72 pour cent d'eau.

Le sel se déshydrate avec la plus grande facilité avant de fondre; au-dessous du rouge sombre il fond en un verre jaunâtre à chaud, qui peut être maintenu liquide pendant plusieurs heures consécutives sans changer de poids et prend en se solidifiant une structure cristalline radiée.

III. 2g,4665 ont perdu 0,141, soit 5,71 pour cent d'eau.

IV. 2g,1305 ont perdu 0,122 (5,72 pour cent) d'eau. Fondus avec deux fois leur poids de carbonate de potasse, ils ont expulsé 0,2745 d'acide carbonique. D'après cette donnée on déduit 1,5513 (72,81 pour cent) d'acide molybdique et 0,4572 (21,46 pour cent) de potasse.

V. 2,6955 ont perdu 0,153 (5,68 pour cent) d'eau et

chassé 0,3535 d'acide carbonique, ce qui conduit à 1,9722 (73,17 pour cent) d'acide molybdique et 0,5703 (21,16 pour cent) de potasse.

VI. 1,7525 ont perdu 0,102 (5,82 pour cent) d'eau et expulsé 0,2305 d'acide carbonique, d'où l'on tire 1g,2812 (73,11 pour cent) d'acide molybdique et 0,3693 (21,07 pour cent) de potasse.

VII. 3g,0925 ont perdu 0,160 ou 5,17 pour cent d'eau.

Si, d'après les analyses qui précèdent, on calcule le rapport en équivalents, entre la base et l'acide, on trouve :

IV.	Potasse	1.	Acide	2.29
V.	»	1.	»	2.33
VI.	»	1.	»	2.34
Moyenne	Potasse	1.	Acide	2.32 soit 3 : 7.

L'eau renferme environ une fois et un tiers autant d'oxygène que la base. La formule qui représente le mieux la composition de ce molybdate est donc

$$3KO, 7MoO^3 + 4aq.$$

	Calculé.		*Trouvé.*							*Moyenne.*	*Svanberg.*
$7MoO^3$	6125	73 40				72.81	73.17	73.11		73.03	72.96
3 KO	1770	21.21				27.46	21.16	21.07		21.23	21.19
4 aq	450	5.39	5.51	5.72	5.71	5.72	5.68	5.82	5.17	5.62	5 85
	8345	100.									

MM. Svanberg et Struve ont adopté le rapport 4 : 9 ou 1 : 2,25, je ferai remarquer cependant que leurs analyses donnent au sel anhydre :

Potasse, 22,60 qui contiennent 3,83 d'oxygène.

Acide, 77,40 qui renferment 26,53 d'oxygène dont le tiers est 8,84.

Or $3,83 : 8,84 = 1 : 2,31$ ou $3 . 7$; les résultats de ces chimistes sont donc plus favorables à ma manière de voir qu'à la leur.

La formule $4KO,9MoO^3 + 6$ aq demande :

Potasse	21.585.
Acide	72.230.
Eau	6.185.
	100.000.

Ce qui en somme s'accorde moins bien avec l'expérience.

La quantité d'eau trouvée est un peu trop forte d'un demi-centième environ ; en supposant $4\,{}^1/_4$ équivalents au lieu de 4, on aurait une concordance plus rigoureuse ; quoique l'on connaisse déjà un certain nombre de sels renfermant des fractions d'équivalents d'eau de cristallisation, je n'ai pas cru devoir prendre $4\,{}^1/_4$, et cela pour des raisons que je dirai en parlant du sel ammonique correspondant.

Tri-molybdate de potasse.

$KO, 3 MoO^3 + 3$ aq.

L'action de l'eau sur le sel précédent donne lieu à la production abondante d'un précipité volumineux, blanc, caséiforme, de tri-molybdate de potasse. L'eau chaude en dissout une petite quantité qu'elle laisse déposer sous forme d'aiguilles flexibles soyeuses, enchevêtrées en une sorte de feutre.

L'analyse d'un produit qui avait subi un commencement de dessiccation m'a donné une quantité d'eau comprise entre deux et trois équivalents.

1g,808 a laissé 1,709 de sel anhydre et expulsé 0,2875 d'acide carbonique. On tire de cette dernière donnée 1,3885 d'acide molybdique et 0,3205 de potasse qui contiennent respectivement 0,476 et 0,0543 d'oxygène ou presque exactement trois équivalents contre un. Cette composition avait, du reste, déjà été trouvée par MM. Svanberg et Struve, qui représentent le sel qui nous occupe par la formule $KO,3MoO^3 + 3HO$.

On a signalé encore d'autres molybdates de potasse plus acides obtenus en traitant par l'acide nitrique ceux dont la description précède ; comme ils sont insolubles et non cristallisés, je n'ai pas cru devoir m'en occuper d'une manière spéciale. Dans le cours de mon travail, j'ai eu l'occasion d'observer la formation de deux autres produits, l'un en petits prismes mats et peu nets, trop mélangés avec d'autres combinaisons pour pouvoir être analysés, le second en tables minces transparentes qui, redissoutes dans l'eau, se sont transformées et n'ont plus donné que des mamelons irréguliers.

Molybdate neutre de soude.

$NaO,MoO^3 + 2$ aq.

D'après MM. Svanberg et Struve, ce sel cristalliserait en rhomboèdres aigus ; je n'ai pas réussi plus que M. Zenker à l'obtenir sous cette forme. Dans toutes mes préparations, il s'est déposé en écailles nacrées excessivement petites ; deux fois seulement ces dernières ont pris des dimensions discernables à l'œil nu et ont formé alors des tables incolores presque sans épaisseur et rectangulaires ou rhomboïdales ; ce qui, avec l'éclat nacré, exclut

la probabilité d'un rhomboèdre. Comme, d'autre part, la composition de ce molybdate est bien établie, il faut supposer que les chimistes scandinaves se sont mépris sur la forme qu'ils ont examinée, ou bien admettre un cas de dimorphisme.

Le molybdate neutre de soude se prépare très-facilement, soit en fondant des équivalents égaux d'acide molybdique et de carbonate de soude, soit en neutralisant ces deux corps l'un par l'autre en présence de l'eau; quand la dissolution est abandonnée à elle-même, il se forme sur les bords du liquide des croûtes qui grimpent le long des parois de la capsule, et s'y accumulent en mamelons, tandis que des écailles tombent au fond, où elles se déposent bientôt en abondance. Ce n'est que par hasard et au bout d'un temps assez long que j'ai pu obtenir les cristaux un peu plus discernables dont je viens de parler.

Analyse.— Une portion de sel anhydre fondue avec du carbonate de soude n'a pas chassé d'acide carbonique.

1g,9915	ont perdu	0,3035,	soit	15,24 pour cent d'eau.
2,315	»	0,352	»	15,25 »
3,275	»	0,500	»	15,24 »

MM. Svanberg et Struve ont trouvé 15,00 d'eau, 25,79 de soude et 59,21 d'acide.

M. Zenker a analysé le sel anhydre, qui lui a donné 30,70 pour cent de soude; la formule exige 30,83.

	Calculé.		Trouvé.			Svanberg.
NaO	390	26.18				25.79
MoO^3	875	58.72				59.21
2 aq	225	15.10	15.24	15.25	15.24	15.00.

La formule du molybdate neutre de soude me paraît donc bien être NaO,MoO^3+2 aq.

M. Gentele a décrit un hydrate à 10 équivalents d'eau, isomorphe avec le sulfate de soude ordinaire ; quoique je me sois placé plusieurs fois dans les circonstances qui paraissent les plus favorables, il m'a été impossible de reproduire ce composé.

Molybdate $^{7}/_{3}$ acide de soude.

$3\,NaO, 7\,MoO^3 + 22$ aq.

La découverte du molybdate $^{7}/_{3}$ acide de soude est due à M. Zenker, qui lui a assigné la composition $4NaO,9MoO^3 + 28$ aq. Comme je le montrerai tout à l'heure, cette formule n'est pas la meilleure expression des analyses de ce chimiste, et il faut lui substituer celle que j'ai inscrite en tête de cet article. Une dissolution d'acide molybdique dans le carbonate de soude, traitée avec précaution par l'acide nitrique, laisse déposer en se refroidissant le sel en question sous forme de cristaux très-nets et limpides, à faces bien réfléchissantes ; l'évaporation spontanée fournit des tables épaisses beaucoup plus volumineuses, mais à peu près opaques. Les angles ont été mesurés très-exactement par M. Zenker, il n'y a donc pas lieu de reproduire ici les observations de M. Marignac ; je me contenterai de rappeler que la forme est celle d'un prisme rectangulaire oblique PAE, portant sur ses angles les faces *m* de l'octaèdre rhomboïdal qui en dérive ; l'incidence de P : A est de 103°,25 ; les axes sont entre eux comme 1 : 1,034 : 0,494.

Les cristaux s'effleurissent vite dans un air sec, mais non pas toutefois avec l'instantanéité que M. Zenker a cru remarquer ; j'en ai conservé pendant plusieurs heures sans qu'ils eussent rien perdu de leur éclat ; l'eau chaude

ou froide les redissout sans décomposition, on peut donc les purifier en les faisant cristalliser de nouveau. Ils perdent dans une étuve à eau bouillante la presque totalité (21 équivalents) de leur eau, le reste s'en va vers 200° ; une température plus élevée amène la fusion ignée en un liquide jaune qui se prend en masse cristalline par le refroidissement et peut se redissoudre intégralement dans l'eau, si l'action de la chaleur n'a pas été trop intense et prolongée trop longtemps.

Analyse. — I. 1,559 ont perdu 0,392 d'eau, soit 25,14 pour cent.

II. 5,036 ont perdu 1,2625 ou 25,07 pour cent d'eau.

Les cristaux employés pour ces dosages étaient petits, très-limpides et n'avaient pas encore commencé à s'effleurir.

Plusieurs analyses très-concordantes et qui paraissent avoir été bien exécutées ont donné à M. Zenker des quantités de soude qui conduisent aux rapports suivants entre l'acide et la base :

I. 1 : 2,31.
II. 1 : 2,31.
III. 1 : 2,38.
IV. 1 : 2,34.

Moyenne : 1 : 2,335, ou en nombres entiers 3 : 7. La proportion d'acide carbonique expulsée par la fusion avec le carbonate de soude confirme ces résultats, comme je l'ai reconnu dans trois opérations faites sur des produits de deux préparations différentes. M. Zenker paraît avoir hésité pour sa formule entre les rapports 1 : 2,25 et 1 : 2,50, et il a fini par prendre le premier, qui s'accorde mieux que le dernier avec les données de l'expérience : celui que je propose est encore plus exact et me semble devoir mériter la préférence.

Calculé.			Trouvé.		M. Zenker.	
$3 NaO$ =	1170	11.97			11.88	$4 NaO$ = 12.39
$7 MoO^3$ =	6125	62.70			63.16	$9 MoO^3$ = 62.58
322 aq =	2475	25.33	25.14	25.07	24.97	$28 HO$ = 25.0
		100.—				

J'ai mis ici dessus, dans la dernière colonne, la composition calculée d'après la formule

$$4\ Na\ O,\ 9\ Mo\ O^3 + 28\ aq.$$

Le sel anhydre est composé de

$3\ Na\ O = 16.04$
$7\ Mo\ O^3 = 83.96$

La formule $4NaO,9MoO^3$ demande

Base............ 16.53
Acide............ 83.47

M. Zenker a trouvé

Soude............ 15.83
Acide............ 84.17.

Molybdate neutre d'ammoniaque.

Je n'ai pas de faits nouveaux à ajouter à l'histoire de ce sel, d'ailleurs peu stable. Il est anhydre et sa forme cristalline, déterminée il y a dix ans déjà par M. Marignac, dérive d'un prisme rhomboïdal oblique dans lequel M : M = 60° et P : M = 109°,10'.

Molybdate $^7/_3$ acide d'ammoniaque.

$$3\ Am\ O,\ 7\ MoO^3 + 4\ aq.$$

C'est le molybdate d'ammoniaque le plus ancienne-

ment connu et celui qui se forme le plus habituellement quand on traite l'acide molybdique par l'ammoniaque même en assez grand excès. On l'obtient très-souvent en prismes assez volumineux, striés et doués d'une teinte bleuâtre faible, d'autres fois il se dépose en cristaux petits, mais très-nets, incolores et éclatants. Redissous dans l'eau pure et soumis à une ébullition un peu prolongée, il finit par se décomposer en sel plus acide, insoluble, par suite d'un dédoublement d'abord, puis d'une perte d'ammoniaque.

Les chimistes sont très-partagés sur la composition de ce sel: M. Marignac et M. Delffs la représentent par AmO,HO,MoO^3; M. R. Maly par $AmO,3HO,4MoO^3$, et enfin MM. Svanberg et Struve par $2AmO,5MoO^3 + 3HO$. Comme je l'ai dit plus haut, sa forme cristalline est la même que celle du molybdate $^7/_3$ acide de potasse, sa composition doit donc être correspondante.

Analyse. — Je me suis borné au dosage de l'eau et de l'acide seulement.

I. 1g,0365 calciné avec précaution a laissé 0,845, soit 81,52 pour cent d'acide.

II. 2g,035 ont donné 1g,6485 d'acide, soit 81,01 pour cent.

III. 1,006 a perdu 0,0605 ou 6,01 pour cent d'eau ne renfermant pas d'ammoniaque, et laissé, après calcination, 0,822, c'est-à-dire 81,71 pour cent d'acide.

IV. 0,5975 ont perdu 0,035 ou 5,86 pour cent d'eau (sans ammoniaque) et donné 0,485 d'acide molybdique, soit 81,17 pour cent.

V. 1g,2485 ont été réduits par l'hydrogène à l'état de MoO^2 qui pesait 0,8965 correspondant à 1,0125 d'acide molybdique ou 81,10 pour cent.

VI. 3^{gr},155 ont donné 2,565 ou 81,30 pour cent d'acide.
VII. 1^{g},8535 a laissé 1^{g},512 ou 81,57 id.
VIII. 2^{g},1755 a laissé 1,772 ou 81,45 id.

Dans les opérations par calcination, on commençait par maintenir le creuset fermé, pendant quelques minutes, aux environs de 100 à 120°, puis on enlevait le couvercle et donnait une chaleur voisine du rouge sombre.

	Calculé.		*Trouvé.*								*Moy.*
			I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	
3 AmO	975	12.92.									
7 MoO^3	6125	81.13	81.52	81.01	81.71	81.17	81.10	81.30	81.57	81.45	81.35
4 aq	450	5.95.			6.01	5.86					5 94
		100. –									

M. Marignac a trouvé :

Acide molybdique	81.315
Hydrogène	2.62
Azote	7.36.

Même en adoptant le poids atomique 600 pour le molybdène, la quantité d'acide surpasse notablement les 80,45 pour cent que demande la formule AmO,HO,$2MoO^3$. Celle que je propose exige 2,65 d'hydrogène et 6,95 d'azote ; le premier s'accorde bien avec le dosage de M. Marignac, il n'en est pas de même du second effectué en recueillant et mesurant l'azote à l'état libre : ce procédé pouvant facilement conduire à des erreurs et l'expérience n'ayant été faite qu'une fois, il est permis, je crois, de considérer cette discordance comme accidentelle.

Suivant M. R. Maly, le molybdate d'ammoniaque aurait donné

Acide	86.77
Oxyde d'ammonium	8.10
Eau	5.11.

Ces nombres s'écartent tellement de ceux de tous les autres chimistes, qu'il faut admettre de graves erreurs d'analyse ou bien l'existence d'un sel différent de celui auquel M. Maly a rapporté le sien.

MM. Svanberg et Struve ont fait trois dosages de l'acide molybdique ; l'un a donné 81,725, le second 81.685 et le dernier 81,23 (moyenne : 81,548); une portion de sel, maintenue à 100° dans un courant d'air chaud, a perdu 6,534 pour cent d'eau avec un peu d'ammoniaque.

Enfin, M. Berlin a aussi dosé l'acide de sel qui nous occupe ; ce chimiste opérait sur des quantités comprises entre 4 et 11 grammes, qu'il arrosait d'acide nitrique, desséchait et calcinait. La moyenne de 4 opérations (81,58) est un peu supérieure à ce qu'exige la formule, comme, du reste, la plupart de celles qu'ont obtenues mes devanciers et moi-même. La cause doit en être attribuée, très-probablement, à la difficulté qu'il y a de préparer un molybdate d'ammoniaque ne renfermant pas au moins des traces d'alcali fixe ; j'ai du moins essayé plusieurs fois inutilement d'arriver à la volatilisation totale de cristaux bien choisis pris dans des préparations différentes ; il m'est toujours resté un résidu tantôt insignifiant, tantôt au contraire très-appréciable.

Cette constance avec laquelle on trouve dans le molybdate d'ammoniaque un excès d'acide, m'a aussi empêché d'adopter $4\,^1/_4$ équivalents d'eau, comme les analyses du sel de potasse sembleraient y conduire, car dans ce cas l'écart avec le calcul aurait dépassé les limites d'erreurs permises.

Molybdates ammonico-sodiques.

J'ai obtenu accidentellement deux produits en cristaux peu nets qui renferment à la fois de l'ammoniaque et de la soude ; c'était en traitant par l'acide nitrique une dissolution de soude dans de l'acide molybdique contenant une proportion notable de molybdate d'ammoniaque.

Dans la première opération il se forma de petits prismes très-striés, rhomboïdaux avec la base peut-être droite, peut-être oblique, les mesures ne permettant pas de décider lequel; les seules faces étaient M et P ; les incidences observées sont M — M = 53°, P : M = 90 à 91°. Ce sel se redissout assez bien dans l'eau chaude, d'où il se dépose de nouveau avec la même forme.

Lorsque j'en commençai l'analyse, je ne me doutais pas qu'il contînt de l'ammoniaque; après avoir reconnu la présence de cette dernière, je commençai une nouvelle préparation qui me donna des cristaux en apparence les mêmes, mais doués en réalité d'une composition et d'une forme différentes; il ne m'est donc pas possible de donner une formule certaine pour le premier sel. En considération de la manière dont il a été formé, il est excessivement probable qu'il correspond au type $3RO,7MoO^3$, et c'est en partant de cette supposition que je le représente par

$$(2^1/_3\,AmO\;^2/_3\,NaO),\;7\,MoO^3 + 5\,aq.$$

Analyse.— $2^g,4635$ ont perdu par la calcination 0,414, soit 16,805 pour cent d'eau et d'ammoniaque. Fondus avec du carbonate de soude, ils ont expulsé 0,558 d'acide carbonique, d'où l'on déduit 1,965 d'acide molybdique

et 0,0845 de soude, ou 79,76 pour cent du premier et 3,43 de la seconde.

II. 4^{g},2125 ont perdu : eau et ammoniaque, 0,715 (16,95) et expulsé 0,9515 d'acide carbonique, ce qui correspond à 0,1455 de soude (3,45 pour cent) et 3,354 (79,62) d'acide molybdique.

Le calcul demande :

			Trouvé.	
$7\,MoO^3$ =	79.50		79.76	79.62
$^2/_3\,NaO$ =	3.37		3.43	3.45
$2\,^1/_{18}\,AmO$ =	9.81	17.13	16.805	16.95.
5 aq =	7.29			
	100.—			

L'accord est très-satisfaisant; mais, je le répète, la vérité de la formule est subordonnée au fondement de la supposition qui lui sert de base.

Le molybdate double obtenu en second lieu formait aussi de petits prismes, mais ceux-ci avaient un angle de 57° et l'inclinaison de P sur M était de 92° environ, au lieu de 90 ; la forme se rapporte donc au prisme rhomboïdal oblique; mais l'absence de modifications ne permet pas d'en établir les dimensions.

Les résultats de l'analyse ne sont pas non plus très-concordants :

I. 1,206 a perdu à l'étuve à eau bouillante 0,1375, soit 11,35 pour cent. Après une forte calcination, la perte totale s'élevait à 0,2285, soit 18,87 pour cent.

Avec le carbonate de soude, le sel a expulsé 0,2565 d'acide carbonique, ce qui correspond à 0,9276 (76,91) d'acide et 0,499 de soude (4,14).

II. 2,428 conservés 12 heures sous une cloche à côté de l'acide sulfurique ont perdu : eau et ammoniaque,

0,439, ou 18,08 pour cent et expulsé 0,5195 d'acide carbonique, correspondant à 1,8854 d'acide et 0,1036 de soude, c'est-à-dire 77,65 du premier et 4,26 de la seconde.

III. Une autre portion a donné approximativement 7,80 pour cent d'ammoniaque.

Ces nombres ne sont pas assez satisfaisants pour que j'essaie d'en déduire une formule ; le rapport entre l'oxygène de l'acide et celui des bases réunies = 26,49 : 3,48 ou en équivalents = 2,54 : 1 ; il semblerait d'après cela que ce molybdate appartient à un type ayant la composition $2RO,5MoO^3$. L'oxygène de la soude (1,08) est à celui de l'ammoniaque (2,40) comme 1 : 2,2. Si j'avais eu entre les mains un composé en cristaux complétement déterminables, je me serais attaché à établir sa composition d'une manière plus exacte, mais dans le cas actuel cela ne m'a pas paru d'un grand intérêt.

En résumé, je crois avoir bien établi, dans le cours de ce mémoire, soit d'après mes propres analyses, soit d'après celles de mes prédécesseurs, que les molybdates acides à base de potasse, d'ammoniaque ou de soude susceptibles de donner des cristaux bien définis, ont une composition représentée par $3RO,7MoO^3$, n aq, correspondant (la valeur de n exceptée) à plusieurs des tungstates décrits par M. Marignac.

Les molybdates ne paraissent pas être, à beaucoup près, aussi nombreux et aussi variés que les tungstates; toutefois, le prix plus élevé de la matière première ne permet pas d'opérer sur de fortes quantités ; il en résulte que plusieurs produits accidentels ne peuvent prendre naissance ou ne se rencontrent pas assez abondamment pour pouvoir être examinés.

Silico-molybdates. — Après m'être exercé à la préparation des silico-tungstates de soude, j'ai essayé de réaliser la production de silico-molybdates. Du tri-molybdate, qui avait bouilli pendant plusieurs heures dans de l'eau tenant en suspension de l'hydrate silicique, s'est déposé au bout de ce temps sans avoir subi de transformation; la liqueur surnageante colorée en beau vert émeraude, par suite sans doute d'une réduction partielle, ne tenait en dissolution qu'une quantité minime de molybdate acide.

Dans une seconde expérience, où au mélange précédent j'avais ajouté successivement une certaine proportion d'acide molybdique, le résultat a été le même.

Fluoxymolybdates. — Quoique ces composés doivent faire l'objet d'une publication subséquente, je citerai ici deux faits intéressants de leur histoire.

Le fluomolybdate potassique cristallisé ($K^2MoF^4O^2 + aq$)[1] est isomorphe avec le fluoxytungstate correspondant. Celui de zinc ($ZnMoF^4O^2 + 6\ aq$)[2] ne correspond pas au fluotungstate, mais sa forme est identique à celle des fluostannates, fluotitanates et fluozirconates de zinc et de nickel. On a donc ici deux nouveaux exemples de composés dans lesquels il y a un remplacement atome pour atome du fluor par de l'oxygène.

Travaux sur les molybdates cités dans le cours de ce mémoire.

Svanberg et Struve. *Sur l'équivalent du molybdène*, etc. Journal für praktische Chemie, t. XLIV, p. 257, ou Annuaire de Millon et Reiset, 1849, p. 153.

Formule atomique.
Id.

Berlin. *Tri-molybdate et quadri-molybdate d'ammoniaque*, etc. Journ. für prakt. Chemie, XLIX, p. 444.

Marignac. *Forme cristalline et analyse du molybdate neutre et du bi-molybdate d'ammoniaque.* Mémoires de la Société de physique et d'histoire naturelle de Genève, XIV (1re partie), p. 271.

Zenker. *Molybdate neutre et molybdate acide de soude.* Journ. f. prakt. Chemie, LVIII, p. 486.

R. Maly. *Molybdate acide d'ammoniaque.* Même recueil, t. LXXVIII, p. 326.

Gentele. *Molybdates.* Même recueil, t. LXXXI, p. 441, ou Répertoire de chimie pure, 1861, p. 294.

Genève, 5 mai 1865.

DU ROLE DU SOUFRE

DANS LA PILE VOLTAIQUE

LETTRE DE M. MATTEUCCI A M. A. DE LA RIVE.

Vous aurez lu probablement dans les *Comptes Rendus* du 3 avril une communication que j'ai faite à l'Académie sur l'action du soufre dans la pile voltaïque. Malgré le peu de goût que j'ai eu toujours à m'occuper de certains perfectionnements, je me suis rappelé en examinant la pile Callaud qui était soumise à l'administration de nos télégraphes avec des modifications par un de nos plus habiles employés, que j'avais il y a déjà bien des années étudié l'action des corps métalloïdes dans la production de l'électricité voltaïque. Cela m'a engagé à étudier davantage la pile imaginée par notre jeune employé, et qui consistait en deux lames, zinc, plomb couvert d'une couche très-mince de cuivre, plongées dans la solution de sel marin à laquelle on avait mêlé le soufre très-divisé. Vous savez très-bien que si la pile n'avait été formée que de zinc, plomb ou cuivre et eau salée, en tenant le circuit fermé, le courant de cette pile aurait subi en quelques heures une grande diminution ; en ajoutant du soufre à ce liquide, il est très-facile de s'assurer que la pile conserve pour longtemps une grande intensité à circuit fermé. Dans la note communiquée à l'Académie, j'ai décrit minutieu-

sement le résultat que j'ai obtenu en étudiant les différentes circonstances qui influent sur la manière d'agir de cette pile. Ainsi j'ai trouvé, conformément aux résultats obtenus avec les autres métalloïdes, que le soufre n'agit qu'au contact du métal qui n'est pas attaqué, de sorte que la meilleure disposition est de mettre le soufre dans l'eau salée avec la lame de plomb dans le cylindre poreux.

J'ai aussi reconnu qu'il faut employer un sel alcalin, de potasse ou de soude, pour que cette pile puisse agir. J'ai aussi prouvé qu'on peut substituer une lame de platine cuivrée ou couverte d'une couche très-mince d'argent ou de plomb, au lieu du plomb cuivré. Enfin, le résultat le plus important que j'ai obtenu a été que le zinc dissout était équivalent au soufre dissout et transformé en sulfure.

J'ai en action depuis 40 jours un élément formé comme je l'ai déjà décrit ; le circuit de cette pile est constamment fermé avec le fil de la boussole de Hipp, qu'on emploie ordinairement dans les bureaux télégraphiques. Voici ce qui est arrivé. Au commencement, aussitôt que le circuit a été fermé, la déviation n'a été que de 33° et après 6 heures cette déviation est montée à 72°, à peu près comme on l'aurait obtenu avec une bonne pile de Daniell ; après, la déviation a diminué et au bout de 3 jours elle n'était plus que de 44 à 46°. Le courant est resté pendant 8 jours à peu près constant. Ayant trouvé au 9me jour l'aiguille à 42°, j'ai ajouté quelques gouttes d'eau salée au liquide du cylindre et une prise de soufre divisé, à peine un ou deux grammes. Le jour après, le courant était de nouveau remonté à 46°. Après 8 jours, le courant qui avait toujours oscillé entre 44 et 46°, m'a paru de nouveau tendre à devenir un peu plus faible, la déviation persistant entre

42 et 43 degrés. J'ai ajouté de nouveau une prise de soufre et quelques gouttes d'eau salée et la déviation est retournée de 46 à 44°. Depuis lors, j'ai encore une fois ajouté l'eau salée et le soufre, et, comme je l'ai déjà dit, aujourd'hui, c'est-à-dire quarante jours après la clôture du circuit, la déviation est de 44 à 46°. Comme depuis longtemps on ne voit plus de trace de cuivre ou de sulfure de cuivre sur le platine, j'ai voulu changer cette lame en y substituant une autre lame de platine semblable, mais qui n'avait jamais été recouverte de cuivre, et la déviation n'a pas changé. En employant la lame de platine cuivré, la déviation remonte de 70 à 72 degrés, comme on l'avait au commencement. Il faut noter qu'entre les deux liquides, solution de sel marin et solution de sulfure de potassium, il y a, comme on le sait déjà, en n'employant que deux lames de platine, un courant très-fort de 25 à 30° en sens contraire, c'est-à-dire du sulfure à l'eau salée. Je m'imagine que cette pile, en y ajoutant de temps en temps quelques gouttes d'eau salée et quelques traces de soufre, continuera à donner toujours le même courant jusqu'à ce qu'il y ait un tout petit morceau de zinc à dissoudre. Le sodium transporté sur le métal non attaqué se combine au soufre, et le sulfure très-soluble ainsi formé empêche la polarisation.

La grande quantité de soufre qui se dissout d'abord à l'état de polysulfure de sodium, permet que l'action électro-chimique interne continue, car le sodium qui se développe sur le métal électro-négatif entre en combinaison, en formant des composés moins chargés de soufre et également solubles.

SUR
LA DOUBLE RÉFRACTION DE LA LUMIÈRE
DANS LES LAMES VIBRANTES

PAR

M. A. KUNDT [1].

Biot a découvert, en 1820, qu'une longue lame de verre vibrant longitudinalement exerce une action sur le plan de polarisation de la lumière qui la traverse. Une lame de miroir d'environ 2 mètres de long, dont Savart s'était servi dans ses recherches et qui était remarquable par la facilité avec laquelle on pouvait en tirer un beau son, fut placée entre deux miroirs polarisants, croisés à angle droit. Au moment où l'on faisait vibrer la lame, elle paraissait éclairée dans le miroir analyseur et cette lumière s'éteignait dès que le son cessait.

Jusqu'à présent, cette expérience de Biot est restée isolée. Des recherches sur cette question n'ont pas été entreprises, que je sache, et l'on n'a pas cherché à donner l'explication du phénomène. Tout intéressant qu'il puisse paraître, on ne le trouve pas souvent cité. M. Dove, qui a fait des observations dans presque toutes les parties de

[1] Nous publions la traduction du mémoire de M. Kundt inséré dans les *Annales de Pogg.*, 1864, n° 12, p. 541.

l'optique, a fait allusion à l'expérience de Biot dans son mémoire sur la polarisation circulaire. D'après l'auteur, un disque vibrant placé perpendiculairement à la direction d'un rayon de lumière polarisé, n'a pas d'action sur la polarisation ; avec une lame vibrant longitudinalement, qui doit avoir, suivant Biot, une action sur la polarisation, la croix d'une lame de spath calcaire interposée lui a paru s'ouvrir, ce qui indiquerait que la lumière polarisée suivant un plan devient polarisée elliptiquement; toutefois M. Dove remarque qu'il faudrait refaire l'expérience avec de meilleurs appareils acoustiques. Wertheim cite aussi l'expérience de Biot.

Si l'on se demande comment Biot comprenait le phénomène qu'il avait observé et de quelle façon il supposait que l'état vibratoire de la lame développait dans le verre les propriétés de la double réfraction, il résulte clairement de son mémoire, qu'il pensait que l'état vibratoire de la lame donne lieu à une tension particulière; cette tension produisait dans le milieu les propriétés bi-réfringentes, d'une manière analogue à la compression et à une variation de température. Cet état de tension commençait en même temps que le son et durait autant que lui ; c'est de la même manière qu'on paraît depuis avoir compris le phénomène.

Or on peut aisément montrer, par une expérience très-simple, que le phénomène particulier auquel donnent lieu les vibrations longitudinales d'une lame n'est pas le résultat d'une tension générale du milieu qui serait produite par les condensations et les dilatations, et n'est point constant dans toute la lame pendant qu'elle vibre; bien plus, le phénomène en un point déterminé varie sans cesse d'un instant à l'autre et c'est la rapidité des

alternatives où il se produit qui le fait prendre pour continu. Qu'on imagine l'expérience disposée comme Biot l'avait fait; on place devant l'image de la lame, dans le miroir analyseur, un diaphragme de façon à ne laisser voir de cette image qu'une bande étroite perpendiculaire à la largeur de la lame ; puis on reçoit la lumière qui apparaît au travers du diaphragme, lorsque la lame vibre, sur un miroir tournant autour d'un axe parallèle à la fente. Tant que le miroir reste immobile, on y voit la raie brillante par réflexion ; mais lorsqu'on le fait tourner, la raie, au lieu de s'élargir, se décompose en une série de bandes brillantes, parallèles à la fente et séparées par des bandes obscures.

On verra plus loin dans quelles conditions il faut se placer pour que cette expérience donne les meilleurs résultats possibles. Pour le moment, cherchons ce qui en découle. Les raies brillantes et obscures qui apparaissent dans le miroir tournant montrent que l'action de la lame vibrante sur la polarisation du rayon qui la traverse n'est pas constante, mais se produit à certains intervalles, et comme les raies brillantes se suivent d'une manière très-régulière, il en résulte que l'action de la lame est aussi régulièrement intermittente et périodique.

Il est évidemment naturel de rapprocher cette action périodique des condensations et des dilatations qui se succèdent régulièrement au point de la lame vibrante où l'on observe le phénomène. L'hypothèse la plus simple et la plus plausible consiste à admettre que chaque raie brillante correspond à une condensation ou à une dilatation, car à ce moment, en ce point, la lame possède réellement la double réfraction, et, par conséquent, tout rayon polarisé peut être modifié dans certaines conditions ; au

contraire, chaque raie obscure correspond à un instant où il n'y a ni condensation ni dilatation à la place observée et où, par conséquent, il n'y a pas de double réfraction.

Montrer que c'est bien là la véritable explication du phénomène et que l'idée d'une tension constante pendant toute la durée du son doit être abandonnée, est le but qu'on s'est proposé dans ce mémoire. L'expérience qu'on a déjà décrite reste la plus décisive et la plus intéressante, mais d'autres expériences ont rendu la démonstration plus complète, et on a pu vérifier, comme on le verra, toutes les conséquences qui résultent de l'explication, en tenant compte du mécanisme des vibrations longitudinales.

Si une lame de verre est mise en vibrations longitudinales, de telle sorte qu'il y ait des nœuds de vibrations en K,K',K'', on sait que c'est en ces points qu'ont lieu les maxima de dilatation et de condensation, tandis qu'aux milieux des intervalles qui les séparent et aux extrémités libres de la lame, les changements de densité sont nuls et les molécules se meuvent librement.

Il résulte de là que le phénomène de l'illumination de la fente doit arriver à son maximum lorsqu'on observe un nœud de vibration, et qu'au contraire, au milieu de l'intervalle de deux nœuds et aux extrémités libres, la fente doit rester toujours obscure. Biot avait déjà trouvé que les bouts de la lame vibrante ne paraissent jamais éclairés, et il l'explique par l'absence de tension aux extrémités, où le mouvement des molécules se fait librement dans l'air. Il n'est pas question dans son mémoire des nœuds de vibration.

On sait que les phases de la vibration de deux nœuds

successifs sont inverses, c'est-à-dire qu'à l'instant où au premier il y a maximum de condensation, il y a au second maximum de dilatation. Par conséquent, si un rayon polarisé, après avoir traversé une première fois la lame en passant par un nœud, la traverse une seconde fois en sens contraire en passant par le nœud suivant, le rayon éteint au moyen d'un analyseur, lorsque la lame ne vibrait pas, restera également éteint lorsqu'on la fera vibrer. Ces deux sections de la lame vibrante doivent agir comme deux lames de verre dont l'une est comprimée autant que la seconde est dilatée, suivant la même direction. Le rayon, en les traversant toutes deux ne subira pas de modification.

On n'avait pas recherché jusqu'ici quelle position il faut donner à la lame de verre par rapport au plan de polarisation des rayons pour que l'effet soit le plus grand possible, et les expériences font reconnaître cependant que cette position n'est point indifférente. Biot ne mentionne pas comment il plaçait la lame relativement au miroir polarisant; comme ses expériences ont été faites en tenant la lame à la main, la position de la lame devait être très-variable et on s'explique ainsi comment il a échappé à un aussi habile observateur, que ce n'est que dans certaines positions déterminées que le phénomène se présente avec netteté. Au moment où une section de lame éprouve une condensation, les conditions d'élasticité sont modifiées et l'axe d'élasticité devient plus grand, suivant la direction de la compression, direction qui, dans le cas de la lame vibrante, est celle de l'axe longitudinal de la lame. Pour déterminer la surface d'élasticité, on remarquera que les deux axes, dans un plan perpendiculaire à la compression, sont nécessairement égaux, car

bien que dans ces directions l'élasticité puisse être modifiée par la compression, comme le corps est homogène, la modification doit être la même pour toutes les directions comprises dans ce plan. La surface d'élasticité est donc un ellipsoïde de rotation allongé, dont le grand axe est dirigé suivant l'axe de la lame vibrante. On sait de même qu'au moment d'une dilatation, cette surface sera un ellipsoïde de rotation aplati. Ainsi lorsque, dans une section, une dilatation succède à une contraction, l'ellipsoïde allongé se transforme en un ellipsoïde aplati, en passant par une sphère : la surface d'élasticité éprouve donc une série de transformations et oscille, pour ainsi dire, entre ses deux formes extrêmes. La grandeur relative des axes des ellipsoïdes ou, si l'on veut, la déformation de la sphère dépendent du maximum de dilatation et de contraction qui a lieu dans la section considérée.

Par conséquent, lorsqu'on fait passer un rayon polarisé au travers d'une lame vibrante, perpendiculairement à l'axe de la lame et à sa surface, une section de la lame se comporte comme une lame d'un cristal bi-réfringent taillée parallèlement à l'axe, et qui serait placée de manière à ce que l'axe du cristal soit parallèle à l'axe de la lame vibrante. Seulement le degré de bi-réfringence de chaque lame doit être considéré comme variable de l'une à l'autre et variable aussi très-rapidement avec le temps.

Or, lorsqu'un rayon polarisé traverse une lame de cristal parallèle à l'axe, si le plan de polarisation du rayon est parallèle à l'axe ou lui est perpendiculaire, le rayon analysé reste éteint ; si, au contraire, le plan de polarisation fait un angle de 45° avec la lame de cristal, l'éclairement ou la coloration de la lame atteint son maximum.

Il résulte de ces considérations, comme troisième con-

séquence, que lorsque le plan de polarisation du rayon traversant la lame vibrante sera parallèle ou perpendiculaire à l'axe de la lame, le phénomène de l'illumination n'aura pas lieu et qu'on l'obtiendra, au contraire, avec le plus d'intensité lorsque l'angle du plan de polarisation et de l'axe sera de 45°.

Remarquons enfin que le degré de bi-réfringence d'une même section varie continuellement. Donc, quatrièmement, les raies que l'on observe, comme on l'a dit plus haut, dans le miroir tournant, doivent paraître colorées, et l'on trouve qu'à partir d'une raie obscure et en allant vers le milieu d'une raie brillante, les couleurs doivent se succéder dans le même ordre que sur les anneaux colorés à centre obscur, et dans l'ordre inverse, en allant du milieu de la raie brillante jusqu'à la raie obscure suivante.

Les expériences pour vérifier ces diverses déductions ont été faites de la manière suivante :

Comme il était nécessaire d'observer sur une surface assez considérable de la lame, il fallait employer une grande quantité de lumière polarisée. On a disposé sur un support de 4 pieds de haut une lampe à gaz avec un gros bec d'Argand ; sa lumière éclairait un écran en papier de soie huilé. Des trois autres côtés, la lampe était enfermée dans une caisse en bois, de façon à intercepter toute la lumière, sauf celle du papier transparent. La lumière de l'écran tombait sur un miroir noir d'un pied carré de surface, qui la polarisait le mieux possible. On se servait comme analyseur d'un prisme de Nicol, éloigné d'environ 6 ou 8 pieds.

En tournant le miroir et en changeant convenablement la position de la lampe, on pouvait donner au plan de

polarisation du rayon toutes les positions par rapport au plan horizontal, tout en laissant au rayon réfléchi la même direction.

Entre le miroir et le prisme de Nicol on plaçait la lame horizontalement et le rayon réfléchi la traversait toujours normalement à ses faces. Pour maintenir la lame dans sa position et la faire vibrer commodément, on avait placé entre le miroir et le prisme une longue table sur laquelle se trouvait un support fixe. Ce support était muni d'une pince formée de deux morceaux de bois recouverts de drap, serrés l'un contre l'autre par des vis. On plaçait la lame dans cette pince en un point où l'on voulait produire un nœud de vibration. Lorsque ce nœud ne devait pas se trouver au milieu de la longueur de la lame, il fallait la soutenir encore ailleurs en la faisant reposer en un autre point devant devenir un nœud sur un morceau de bois arrondi. J'ai expérimenté sur toute une série de lames qui étaient découpées dans des grandes glaces à miroir, dont les longueurs ont varié entre 2 et 6 pieds et les largeurs entre 2 $^1/_2$ pouces et $^1/_4$ de pouce. L'épaisseur était celle d'une forte glace, c'est-à-dire d'environ $^1/_4$ de pouce. Les lames par elles-mêmes ne donnaient en les analysant par la lumière polarisée, que trop peu de couleurs pour que cela pût être une cause d'erreur dans les expériences. Toutes ces lames fixées comme on l'a dit, rendaient un son très-fort, lorsqu'on les frottait aux extrémités libres ou au milieu de l'intervalle de deux nœuds, et on pouvait facilement les faire vibrer avec deux ou trois nœuds, et même les plus longues avec quatre. On se servait pour frotter d'un morceau de drap épais et pas trop rude qu'on humectait légèrement.

Pour observer successivement différents points sur la lame, le support pouvait se déplacer parallèlement à la longeur de la lame sur la table, devant le miroir.

Enfin, pour observer avec le miroir tournant, je me suis servi d'un simple appareil à polarisation de Dove. Il était placé sur la table de façon à ce que la lame fixée, comme on l'a vu, horizontalement, se trouvât entre les deux prismes de Nicol. La lumière sortant du prisme de Nicol, tourné vers l'observateur, était réfléchie de côté par un prisme à angle droit et tombait sur le miroir tournant. J'ai employé soit un assez grand miroir argenté, soit un miroir d'acier de 20^{mm} de diamètre, et la rotation était obtenue au moyen d'un mouvement d'horlogerie. L'ouverture ronde du Nicol, tournée vers l'observateur, apparaît dans le miroir comme une tache ronde lumineuse. On pouvait très-bien expérimenter ainsi sans employer de diaphragme. Entre le Nicol et le miroir, on a, dans certains cas, intercalé un diaphragme pour obtenir une ligne lumineuse plus arrêtée.

Voici les résultats des expériences :

1° Lorsque le plan de polarisation du rayon réfléchi par le miroir polarisant est vertical ou horizontal, l'illumination n'apparaît nulle part sur la lame vibrante ; au contraire, le phénomène est le plus marqué lorsque le plan de polarisation fait un angle de 45° avec l'axe horizontal de la lame.

2° En examinant, les uns après les autres, les différents points de la lame, dans le cas où l'angle est de 45°, on trouve qu'entre les deux extrémités, il y a des bandes étroites situées entre deux nœuds, où la lame ne devient jamais lumineuse. La clarté va en augmentant, à partir de ces points, jusqu'aux nœuds.

3° On fait passer le rayon dans le voisinage d'un nœud, mais au lieu de le recevoir dans le Nicol, on le fait tomber sur un miroir incliné à 45°, qui le réfléchit sur la lame dans le voisinage du nœud suivant. Après ces deux passages au travers de la lame, on le reçoit dans l'analyseur. On ne peut pas, dans ce cas, éteindre complétement la lumière lorsque la lame ne vibre pas, mais on la diminue beaucoup. En produisant la vibration, on trouve que l'intensité lumineuse ne change pas. Si au lieu de faire passer le rayon une seconde fois au travers de la lame, on le fait passer au-dessus. la vibration produit alors très-nettement le phénomène de l'illumination.

On peut difficilement rendre cette expérience plus précise, mais dans ces conditions d'exactitude, elle ne laisse pas de doute sur le résultat.

4° On a déjà dit que pour l'expérience du miroir tournant, c'est un appareil à polarisation de Dove qu'on a employé. Le Nicol polarisant est tourné de façon à donner un plan de polarisation faisant un angle de 45° avec l'horizontale, et le Nicol de l'analyseur est placé à angle droit avec le premier. En faisant tourner le miroir, on voit une succession de lignes brillantes et obscures. En augmentant la vitesse du miroir, on voit un moins grand nombre de raies, mais celles-ci deviennent plus larges.

Quant à la coloration de ces raies, on voit parfois apparaître des couleurs, mais le phénomène est trop faible en intensité lumineuse et trop peu constant pour qu'on puisse l'observer avec précision. En effet, les raies ne sont pas un phénomène constant, comme, par exemple, des raies d'interférence, mais à chaque rotation du miroir apparaissent de nouvelles raies qui ne recouvrent pas les anciennes.

Il faut donc ne donner au miroir qu'une vitesse telle, que l'image d'une raie ait disparu de l'œil lorsque la suivante se présente. Ce qui prouve, du reste, que l'intensité de la vibration peut être rendue suffisante pour faire apparaître des couleurs, c'est que lorsqu'on observe directement la lame entre le miroir polarisant et le Nicol, on voit fréquemment une vive coloration se produire, bien que, dans ce cas, la succession rapide des couleurs doive les empêcher d'être perçues par l'observateur.

Ainsi les conséquences théoriques de l'explication qu'on a donnée de l'expérience de Biot sont toutes vérifiées par les expériences et l'on doit considérer cette explication comme suffisamment démontrée.

Les expériences suivantes servent de confirmation aux résultats qui viennent d'être exposés.

On place dans la pince qui supporte déjà une lame de verre, ou dans une seconde pince, une seconde lame parallèlement à la première, de telle sorte que le rayon la traverse aussi avant d'arriver dans l'analyseur. Si l'on ne fait vibrer que l'une des lames, on ne voit dans le miroir tournant que les raies alternativement brillantes et obscures. En les faisant vibrer toutes deux, et dans le cas où les deux lames ont le même nombre de vibrations, suivant la différence de phase des états vibratoires des deux sections traversées par le rayon, on voit des raies comme dans le cas d'une seule lame, seulement avec des couleurs un peu différentes, ou bien toutes les raies se réunissent en un seul faisceau lumineux, ou enfin on ne voit plus de lumière du tout.

Le premier cas se présente lorsqu'il n'y a pas de différence de phase, le second lorsque la différence est de $^1/_4$ ou de $^3/_4$ de la durée de l'oscillation, le troisième lorsque

la différence est de la moitié de cette même durée. Mais si les lames n'ont pas le même ton, toutes les différences de phase se produisent successivement, et il en résulte dans le miroir une image très-compliquée, qui dépend du rapport du nombre de vibrations des deux lames. C'est là un phénomène d'interférence résultant de la bi-réfringence variable des deux lames.

Une autre expérience a consisté à intercaler, comme l'avait fait M. Dove, une lame de spath calcaire entre la lame de verre et l'analyseur. Pour une faible intensité de son, l'image s'affaiblit et pour une grande intensité, elle disparaît complétement. Le rayon qui sort de la lame est successivement polarisé dans un plan, elliptiquement et peut-être circulairement. Ceci suffirait déjà pour affaiblir beaucoup l'image du spath; mais, en outre, si à un certain moment correspondant à une condensation, le rayon est polarisé elliptiquement ou circulairement à droite, au moment correspondant à une dilatation, la polarisation sera elliptique ou circulaire à gauche. Il en résulte que les anneaux du spath tendent d'autant plus à disparaître. On explique de la même manière la disparition des couleurs d'une lame de gyps.

On a jusqu'à présent été disposé à admettre que des vibrations longitudinales pouvaient seules produire des phénomènes de bi-réfringence; on peut toutefois obtenir des phénomènes analogues de polarisation avec des vibrations transversales; j'exposerai brièvement les résultats que j'ai obtenus avec des lames vibrant transversalement.

Pour faire bien vibrer transversalement une longue lame de verre, il a fallu l'assujettir autrement. Au-dessus de la table était disposée horizontalement une longue

pièce de bois à laquelle on suspendait, à l'aide de fils solides, la lame de verre en des points destinés à devenir des nœuds de vibration. Pour la faire vibrer, on la tenait avec la main par un nœud et on la frottait à l'extrémité avec un archet.

En la frottant horizontalement, c'est-à-dire de telle manière que l'oscillation avait lieu dans le sens même où le rayon traversait la lame, et en observant de la même manière que précédemment, on ne voyait pas d'éclairement. Si, au contraire, on frotte la lame verticalement avec l'archet, on voit apparaître avec intensité les phénomènes de bi-réfringence. On a expérimenté en particulier avec une lame où l'on produisait trois nœuds. Le phénomène prenait son maximum d'intensité lorsque le plan de polarisation faisait avec l'horizontale l'angle de 45°. Outre une ligne obscure parallèle à l'axe longitudinal de la lame, il y a encore cette différence entre le cas actuel et celui des vibrations longitudinales, que ce sont les nœuds qui restent obscurs et le milieu des intervalles qui offre le maximum d'éclairement.

Pour trouver l'explication de cette expérience, considérons l'instant où la demi-ondulation entre deux nœuds consécutifs présente son maximum de coubure vers le bas ; il y a maximum de courbure en sens inverse entre les deux autres nœuds et les extrémités libres sont l'une le plus haut et l'autre le plus bas possible. De ces courbures résultent des tensions qui doivent produire la biréfringence. Or, la tension entre deux nœuds doit être la même que celle qui existerait dans une lame assujettie par ses deux bouts et qui serait déformée au milieu par une pression. Le phénomène qui est le résultat de cette déformation a été étudié avec soin, théoriquement et expérimen-

talement, par Brewster et Neumann. Une lame de verre courbée présente au milieu une raie noire qui court parallèlement aux bords longitudinaux, et au-dessus et au-dessous paraissent avec une intensité croissante les couleurs de l'échelle de Newton. On se rend compte, comme on le sait, de la raie noire médiane qui s'élargit vers les extrémités et occupe aux extrémités mêmes toute l'épaisseur de la lame, en remarquant que du côté de la concavité de la lame il y a compression, du côté de la convexité dilatation et qu'entre ces deux états de tension il y a nécessairement une zone à l'état naturel. En revenant à notre expérience, on s'explique ainsi l'apparence de la lame vibrante entre deux nœuds. Il faut remarquer que vers un nœud il y a deux raies obscures élargies qui sont accolées l'une à l'autre, d'où résulte que cet espace obscur doit être assez large.

Les extrémités libres ne doivent pas présenter tout à fait la même apparence que les demi-longeurs qui séparent deux nœuds, mais celle que l'on obtient en fixant une lame par une de ses extrémités et en la pliant par l'autre. Ce cas de tension a été aussi étudié et on trouve dans ce cas également une zone neutre qui s'élargit rapidement vers l'extrémité fixe et lentement en s'approchant de l'extrémité libre.

Ainsi à l'instant où nous avons considéré la lame vibrant transversalement, on doit observer une ligne obscure dans toute sa largeur, traversée aux nœuds par des bandes noires plus larges. Les extrémités libres doivent être obscures. Tout le reste de la surface de la lame doit être coloré, ou si la bi-réfringence n'est pas très-forte, on doit simplement la voir s'éclairer avec les deux nœuds croisés à angle droit. Dans cet instant, toute la partie qui est

entre la ligne noire et le côté concave est bi-réfringente par compression, et celle qui se trouve entre la ligne noire et le côté convexe, l'est par dilatation.

Considérons, en second lieu, l'instant qui est séparé du premier par une demi-durée d'oscillation ; toutes les courbures sont devenues l'inverse de ce qu'elles étaient. Il en résulte que l'apparence de la lame doit être la même, sauf que là où il y avait compression, il y a dilatation et réciproquement. A égale distance de ces deux instants, la lame est en repos et ne possède pas de pouvoir bi-réfringent. Pout tout autre instant compris entre celui-ci et ceux où il y a maximum de déformation, l'apparence de la lame est la même, sauf que la bi-réfringence augmentant avec la déformation, les couleurs et le degré d'intensité du phénomène sont variables. Il en est de même entre l'instant du maximum et celui où la lame passe de nouveau par l'état naturel. Si l'on remarque que les déformations de la lame sont très-petites par rapport à ses dimensions, et qu'il résulte de ce qu'on vient de dire que, lorsque la lame vibre, la même image doit se reproduire à chaque instant, avec quelques changements de couleur seulement, on comprend que pour l'œil ces images doivent se superposer et qu'on observe le phénomène tel qu'il a été décrit. Ainsi l'apparence observée s'explique complétement par la déformation des diverses parties de la lame vibrante.

Il reste à faire voir, qu'en effet, l'image n'est pas permanente, mais est un phénomène intermittent. L'expérience se réalise aisément de la même manière que pour les vibrations longitudinales. On fait passer le faisceau de lumière polarisé au travers de la lame, non plus dans le voisinage d'un nœud, mais, au contraire, au milieu de

l'intervalle de deux nœuds et au-dessus ou au-dessous de la ligne neutre. On observe dans le miroir tournant le point ou la ligne lumineuse qui est formée par le faisceau lumineux, et on voit une succession de raies brillantes et obscures. Pour la même vitesse de rotation, ces raies sont beaucoup plus séparées que dans le premier cas, car, en général, le ton des vibrations transversales est beaucoup plus bas que celui des vibrations longitudinales.

On peut observer, dans le cas des vibrations transversales, toutes les mêmes particularités que sur les vibrations longitudinales. En premier lieu, comme les axes de compression et de dilatation, pour le cas d'une flexion transversale, coïncident à peu près avec l'axe longitudinal de la lame, l'image doit atteindre son maximum d'intensité lorsque le plan de polarisation fait avec cet axe un angle de 45°. En outre, la compression et la dilatation se succédant rapidement en un même point, il en résulte, comme précédemment, que les anneaux d'un spath calcaire doivent disparaître. Enfin, puisque dans l'état de vibrations transversales, une compression et une dilatation ont lieu simultanément aux points placés au-dessus et au-dessous de la ligne neutre, un rayon qui, après avoir traversé une première fois la lame au-dessus de la ligne neutre, la traverse une seconde fois au-dessous, ne donnera pas lieu à un éclairement lorsqu'on produira la vibration.

Ainsi s'expliquent, par l'action mécanique de l'état vibratoire, d'une manière complète les phénomènes de bi-réfringence qu'on observe lorsqu'on fait vibrer une lame, soit longitudinalement, soit transversalement. Il est remarquable que la lumière, non-seulement fasse con-

naître le moindre changement permanent d'élasticité dans un milieu transparent, mais rende apparente avec une égale netteté une modification périodique d'élasticité, lors même que le changement a lieu plusieurs milliers de fois dans la seconde.

On pourrait se proposer de se servir du miroir tournant comme d'une méthode pour déterminer le nombre des vibrations d'une lame. En effet, on peut estimer ce nombre d'une manière approchée, lorsqu'on connaît la vitesse de rotation du miroir, en comptant les raies qui se trouvent entre deux fils de la lunette. Mais je me suis bientôt convaincu que cette méthode ne peut avoir l'exactitude d'autres méthodes connues.

BULLETIN SCIENTIFIQUE.

PHYSIQUE.

L'abbé comte François Castracane degli Antelminelli. Sur l'emploi de la lumière monochromatique dans les recherches microscopiques [1].

M. le comte Castracane s'est appliqué, depuis quelques années, à l'étude persévérante des Diatomées, au moyen d'un excellent miscroscope d'Amici, monté à Genève dans l'atelier que dirige M. le prof. Thury. Durant un séjour que j'ai fait à Rome, au mois d'avril dernier, ce savant m'a donné l'occasion de répéter plusieurs des expériences qu'il a faites et publiées, en substituant, d'après le conseil d'Amici, la lumière monochromatique à celle qu'on emploie ordinairement. Un héliostat à grand miroir de M. Foucault et un prisme très-dispersif permettent d'éclairer le miroir de l'instrument (ou le prisme lenticulaire qui le remplace) avec un quelconque des rayons du spectre. Cette méthode a l'avantage de détruire les défauts provenant soit d'un achromatisme incomplet des franges d'interférence qui se produisent sur le bord des objets. Appliquée à l'examen du *Pleurosigma angulatum*, l'un des test-objects les plus décisifs, elle a donné des résultats très-satisfaisants. Dans la lumière habituelle, il fallait le cinquième et plus fort objectif pour distinguer les séries de points que le quatrième ne laissait entrevoir que sous forme de stries. Avec une illumination monochrome et le plus faible

[1] Lettre adressée au Père Secchi le 31 mai 1863, et insérée dans les actes des *Nuovi Lincei*, tome XVII, séance du 6 mars 1864.

oculaire, on aperçoit nettement les points à l'aide du *troisième* objectif qui, pour la force et la pénétration, est bien inférieur aux deux autres. C'est la lumière bleu-verdâtre qui semble le mieux convenir à l'usage microscopique.

M. Castracane se propose de publier un atlas de Diatomées vivantes et fossiles, de toutes provenances, aussi complet que possible. Avec une grande habileté pratique, il est arrivé à produire des images photographiques qui représentent les plus minutieuses particularités du squelette siliceux de ces petits organismes. Ces images montrent ce que les microscopes les plus parfaits permettent seuls de voir, par exemple la forme hexagone des cellules qui recouvrent la surface entière de la valve du Pleurosigma déjà mentionné. Leur netteté est telle qu'elles supportent un nouvel agrandissement à la loupe et présentent des détails qu'on ne saurait apercevoir avec l'emploi du microscope seul. Ces empreintes serviront donc à consacrer par un dessin authentique la forme des objets observés, et à remplacer pour beaucoup de personnes l'usage d'instruments dispendieux et d'un maniement délicat. Nous accompagnons de tous nos vœux la réussite de l'entreprise à laquelle M. le comte Castracane consacre son talent et ses loisirs. E. W.

H. VALERIUS, prof. à l'université de Gand. SUR LES VIBRATIONS DE FILS DE VERRE ATTACHÉS PAR UNE DE LEURS EXTRÉMITÉS A UN CORPS VIBRANT ET LIBRES A L'AUTRE. (*Mém. de l'Académie de Bruxelles.*)

M. Valérius a étudié les vibrations communiquées à un fil de verre par un diapason disposé de telle sorte que son plan fût tantôt horizontal, tantôt vertical. Le fil était suspendu verticalement, le bout libre en bas. Lorsque le diapason vibrait horizontalement, il déterminait des impulsions transversales; mais celles-ci devenaient longitudinales quand le plan de vibration de l'ins-

trument était vertical. On projetait l'image du fil sur un écran, en faisant usage d'un large faisceau de lumière solaire et d'une bonne lentille convergente achromatique. Pour que cette image pût être nettement dessinée, il fallait protéger le fil contre les courants d'air et maintenir constantes les vibrations du diapason.

Moyennant ces précautions, l'auteur s'est assuré que *les concamérations normales des fils de verre exécutent, comme celles des lames élastiques, des nombres de vibrations en raison inverse des carrés de leurs longueurs.*

D'après la théorie, la vitesse de transmission des impulsions longitudinales est double de celle des impulsions transversales. Melde avait vérifié ce résultat sur des fils de matières textiles[1] à l'aide d'un appareil ingénieux, mais un peu compliqué. M. Valérius lui substitue le dispositif suivant qui est plus simple. On prend un fil de soie d'une longueur de 1^m à 1^m 5, et on le fixe avec de la cire à un diapason, tandis qu'à l'autre bout on attache un petit anneau de cire pour produire une légère tension. On fait passer le fil sur un crochet pour disposer horizontalement la portion comprise entre ce crochet et le diapason. Cela fait, il suffit de faire sonner le diapason et d'éloigner lentement le crochet, de manière à augmenter de plus en plus cette partie horizontale. Quand les vibrations de l'instrument sont dans le sens de l'axe du fil, on trouve une position du crochet pour laquelle la partie horizontale du fil vibre avec une amplitude remarquable, en produisant un ventre et deux nœuds. Si alors on tourne le plan du diapason de 90°, la partie horizontale du fil restant invariable, on la voit se partager en deux concamérations égales, ce qui vérifie l'induction théorique.

Substituant à la soie des fils de verre, M. Valérius a trouvé que *les vibrations de ces fils attachés à un corps sonore par une de leurs extrémités et libres à l'autre, s'effectuent d'après les mêmes lois*

[1] *Pogg. Ann.* T. CIX, p. 193; T. CXI, p. 513 (1860). — MULLER, *Lehrbuch der Physik*, T. I, p. 414.

que celles des lames élastiques[1], *tant pour le cas d'impulsions transversales que pour celui d'impulsions longitudinales.*

Dans ses expériences, l'auteur a été conduit à distinguer les concamérations *normales*, dont la longueur ne dépend que de la nature du fil, de son épaisseur et de la durée de chaque vibration simple du corps sonore ; — des concamérations *réduites*, égales aux précédentes de même espèce, mais diminuées ou agrandies toutes dans le même rapport ; — enfin des concamérations *irrégulières.*

Les longueurs des concamérations normales et des réduites obéissent rigoureusement aux mêmes lois que les longueurs des concamérations dans les lames vibrantes libres à leurs deux bouts, pourvu que, dans les vibrations des fils de verre, on tienne compte de l'influence perturbatrice du corps sonore.

Les physiciens qui s'occupent d'expériences acoustiques par le procédé graphique, trouveront dans le travail du savant belge des indications précieuses sur la meilleure longueur à donner aux styles destinés au tracé des vibrations.

E. W.

H. VALÉRIUS. SUR UN NOUVEAU CHRONOSCOPE ÉLECTRIQUE A CYLINDRE TOURNANT, FONDÉ SUR L'EMPLOI DU DIAPASON. (*Mém. de l'Acad. de Bruxelles*, t. XVIII.)

La grande difficulté à vaincre dans la construction des chronoscopes électriques à cylindre tournant, consiste à réaliser le mouvement uniforme dont on a besoin. C'est pour se passer de cette condition que, sans connaître le travail de M. Schulz[2], M. Valérius a proposé l'emploi d'un diapason muni d'un style qui décrit une série de traces sinusoïdes, sur une feuille enroulée autour un cylindre et couverte de noir de fumée. Le papier déroulé et soumis verticalement à l'inspection de la lunette d'un cathéto-

[1] Voir Lissajous, *Ann. Ch. et Phys.*, 3e série, T. XXX, p. 385.
[2] Mémoire publié en 1859, chez Corréard.

mètre donne, par l'écartement des traces, la mesure demandée, quand on connaît le nombre absolu de vibrations simples que le diapason effectue dans une seconde.

Le pointage s'effectue par le moyen de galvanomètres, en nombre égal à celui des points qu'on veut marquer sur le cylindre. Ils consistent simplement en un cadre rectangulaire autour duquel le fil est enroulé. Ce cadre est fixé parallèlement au cylindre, à distance convenable et de façon que le long côté du cadre soit à peu près vertical. Dans l'intérieur se trouve une seule aiguille aimantée, mobile autour d'un axe horizontal. Elle porte à son extrémité supérieure une tige de laiton qui, après s'être dirigée perpendiculairement au plan du cadre vers le cylindre, se recourbe de bas en haut, et enfin horizontalement, de manière à se tenir à une distance de deux centimètres environ du cylindre, lorsqu'on l'incline vers ce dernier en faisant tourner l'aiguille autour de son axe de rotation. On fixe, vers l'extrémité libre de cette tige, un style disposé comme celui du diapason, c'est-à-dire formé d'une barbe de plume fixée avec de la gomme ou de la colle-forte entre les deux branches d'une soie de porc fendue sur une longueur de trois à quatre millimètres. C'est ce style qui, à un instant donné, doit marquer un petit trait sur le cylindre et s'éloigner ensuite. A cet effet, on règle le poids de la tige de manière que, lorsque le fil du galvanomètre est traversé par le courant d'un seul couple de Bunsen, l'aiguille aimantée se trouve à peu près verticale. Si ensuite le courant vient à être interrompu, la tige de cuivre tombe vers le cylindre, et le style qu'elle porte marque un trait quand le cylindre est en mouvement. Pour que le trait se réduise sensiblement à un point, le style ne doit rester qu'un instant en contact avec le cylindre. C'est ce qu'il est facile d'obtenir, comme M. le professeur Glœsener l'a déjà indiqué, à l'aide d'une petite lame-ressort fixée au cadre du galvanomètre. Dans sa chute, la tige de cuivre vient choquer cette lame ; elle la fléchit, et quand sa vitesse est à peu près éteinte, le petit ressort la ramène en arrière.

Pour apprécier la valeur pratique du chronoscope de M. Valérius, il faudrait le soumettre à diverses épreuves. C'est donc un point sur lequel nous ne pouvons prononcer. Mais il n'est que juste de rappeler dans un Recueil suisse que, depuis près de 15 ans, M. Hipp a construit un appareil qui mesure directement les millièmes de seconde et cela avec une grande exactitude. Dans ce chronoscope dont l'emploi est des plus commodes, le régulateur du mouvement d'horlogerie est un ressort droit qui exécute mille vibrations par seconde. Ce ressort l'emporte sur toute espèce de volant et peut-être sur le pendule conique, comme machine réglante[1]. E. W.

CHIMIE.

H. Kopp. Recherches sur la chaleur spécifique des corps solides et liquides. (*Annalen der Chemie und Pharmacie*, III. Supplement-Band).

Nous venons signaler aux chimistes et aux physiciens un important travail de M. H. Kopp sur les chaleurs spécifiques. La première partie, concernant les corps solides, est la seule encore publiée. La longueur de ce mémoire ne nous permet pas d'en donner même un extrait renfermant des données numériques, mais nous indiquerons la marche suivie par l'auteur, et les principales conclusions qu'il tire de ses propres expériences ainsi que de celles de ses devanciers.

M. Kopp commence par une revue historique de tous les travaux antérieurs qui ont été faits sur ce sujet et par une exposition des diverses théories qui ont été émises, soit sur la loi des

[1] Sur le chronoscope et les chronographes de Hipp, voyez le *Mém. sur la détermination télégraphique de la différence de longitude entre les observatoires de Genève et de Neuchâtel*, par MM. Plantamour et Hirsch. *Mém. de la Soc. de Phys. et d'Hist. nat. de Genève*, tome XVII, p. 289. — *Archives*, 1864, t. XXI, p. 305.

chaleurs spécifiques des corps simples, soit sur les relations entre les chaleurs spécifiques des corps composés et leur composition chimique.

Il expose ensuite la méthode qu'il a adoptée pour ses propres expériences. Cette méthode est au fond celle des mélanges qui a toujours été signalée comme la plus exacte par tous les physiciens qui se sont occupés de ce genre de recherches ; mais il a apporté dans l'application de cette méthode des modifications assez considérables au procédé ordinaire, tel que l'avaient employé MM. Neumann et Regnault. Le corps dont il veut déterminer la chaleur spécifique est renfermé dans un tube de verre mince avec un liquide de chaleur spécifique connue qui n'exerce sur lui aucune action dissolvante ou chimique. Ce tube est chauffé dans un bain de mercure à une température déterminée, puis rapidement transporté dans un petit calorimètre à eau muni d'un agitateur et d'un thermomètre très-sensible, au moyen duquel on mesure l'élévation de température. Quelques expériences préalables font connaître la petite correction qu'il faut apporter au résultat obtenu, pour tenir compte de ce que, au moment où le thermomètre du calorimètre indique le maximum, le corps contenu dans le tube de verre possède encore une température un peu plus élevée ; ces expériences ont montré que cette différence pouvait être évaluée à 0,3°.

M. Kopp reconnaît que la disposition de ses appareils ne lui permet pas d'atteindre en général, dans la détermination des chaleurs spécifiques, une aussi grande exactitude que celle que l'on peut espérer des procédés beaucoup plus longs et compliqués de MM. Neumann et Regnault, et que les résultats qu'il obtient en répétant plusieurs fois la détermination de la chaleur spécifique pour un même corps présentent en général des divergences un peu plus grandes. Mais à côté de cet inconvénient, cette méthode présente des avantages importants. D'une exécution facile et rapide, elle n'exige aucun aide. Elle permet d'opérer sur des quantités de corps peu considérables. Par l'interposition d'un

liquide qui met tous les corps sensiblement dans les mêmes conditions de conductibilité, elle rend les résultats plus comparables entre eux. Enfin elle évite complétement une cause d'erreur qui a dû affecter plusieurs des expériences antérieures, de l'aveu même des opérateurs, mais dont il est impossible de constater l'importance, savoir le dégagement de chaleur résultant de la brusque absorption du liquide du calorimètre par les corps pulvérulents ou poreux lorsqu'ils ont été chauffés à sec. En résumé, on peut dire que si les déterminations de M. Kopp n'atteignent pas toujours un aussi haut degré de précision que celles qui ont pu être faites par d'autres procédés, elles peuvent du moins inspirer une entière confiance comme mesures approximatives, parfaitement comparables pour les différents corps. D'ailleurs le degré de concordance que l'on constate entre les différents résultats obtenus pour un même corps, permet de juger le degré d'approximation auquel on parvient par cette méthode, et montre qu'il est bien suffisant pour justifier les conséquences théoriques déduites par l'auteur.

M. Kopp donne ensuite les résultats de ses expériences. Nous nous bornerons à remarquer qu'elles ont porté sur environ cent trente corps différents, et que pour chacun la chaleur spécifique est déduite de la moyenne d'un grand nombre d'expériences, ou même de séries d'expériences portant sur diverses modifications de chaque corps. Cette partie de son travail est terminée par un tableau dans lequel sont résumés tous les résultats numériques obtenus jusqu'ici, soit par l'auteur, soit par ses devanciers, dans la détermination des chaleurs spécifiques.

Arrivons enfin aux conséquences théoriques qu'il croit pouvoir tirer de l'étude de ces résultats numériques.

M. Kopp présente d'abord une observation générale, nécessaire pour justifier les conclusions auxquelles il est amené. Il n'est pas douteux que la chaleur spécifique d'un corps n'éprouve des modifications appréciables par suite des circonstances physiques qui peuvent influer sur l'ensemble de ses propriétés et des

différents états moléculaires sous lesquels il peut se présenter, suivant qu'il a été écroui ou non, trempé ou recuit, suivant qu'il se trouve à l'état amorphe ou sous divers états dimorphes ; mais il ne paraît pas que les changements qui en peuvent résulter pour sa chaleur spécifique soient jamais bien considérables. C'est là, du moins, ce que l'on constate pour tous les corps qui, sous leurs différents états, se prêtent à une détermination un peu exacte de leur chaleur spécifique, car il faut nécessairement écarter les cas où il est probable qu'un changement moléculaire s'est produit pendant l'expérience même et a introduit par conséquent une évolution calorifique indépendante de la chaleur spécifique. Il résulte de ce fait important que les variations de chaleur spécifique dues à ces causes ne peuvent masquer les lois générales qui régissent ce phénomène et ne peuvent expliquer les anomalies constatées pour un certain nombre de corps qui semblent échapper à ces lois.

Pour les corps simples, il est incontestable que la plupart d'entre eux suivent approximativement la loi de Dulong et Petit, leur chaleur atomique, c'est-à-dire le produit de la chaleur spécifique par le poids atomique, étant à peu près la même, environ 6,4. Mais il est aussi évident que cette loi n'est pas absolue. D'abord il y a parmi les éléments dont la chaleur spécifique à l'état solide a pu être déterminée directement, trois corps, le carbone, le bore et le silicium pour lesquels elle n'atteint pas la moitié du chiffre nécessaire et aucune modification du poids atomique de ces corps, susceptible de les faire rentrer dans la loi générale, ne pourrait être admise par les chimistes. La même anomalie se présente très-probablement, comme nous le verrons tout à l'heure, pour d'autres éléments dont la chaleur spécifique, à l'état solide, n'a pu être déterminée directement. De plus, pour une partie des corps simples qui sont généralement considérés comme conformes à la loi générale, l'accord n'est qu'approximatif et il ne paraît pas que les différences observées puissent s'expliquer suffisamment par des différences dans leur état

physique, ou dans leur constitution moléculaire, ou même par l'intervention de causes physiques générales telles que celles par lesquelles M. Regnault a cherché à expliquer ces divergences, par exemple parce que les chaleurs spécifiques ne sont pas mesurées pour tous les corps dans des conditions identiques, à une égale distance des points de fusion, ou parce que leur détermination ne permet pas de séparer deux éléments distincts dont l'un serait la véritable chaleur spécifique d'un corps et l'autre la chaleur employée à en faire varier le volume.

Pour les corps composés, les expériences de l'auteur, d'accord avec celles qui avaient été faites avant lui, confirment en général le principe posé par Neumann, savoir que la chaleur spécifique de la molécule composée est sensiblement la même pour des composés qui offrent la même constitution atomique. M. Kopp montre même que ce principe reste vrai lors même que les corps que l'on compare n'offrent aucune analogie, ni dans leur rôle chimique, ni dans le mode de groupement de leurs atomes élémentaires. Il se vérifie même entre des groupes de composés qui n'offrent aucune analogie de constitution atomique si, en doublant ou triplant la formule de l'un d'eux, on peut y supposer des molécules complexes renfermant le même nombre d'atomes élémentaires que les autres. Cela prouve que la constitution rationnelle d'un composé n'exerce aucune influence sur sa chaleur spécifique, que celle-ci ne résulte que de sa composition élémentaire, et, si le principe de Neumann se vérifiait dans tous les cas, on y trouverait la justification de la loi qu'avait énoncée M. Garnier, d'après laquelle la chaleur spécifique d'une molécule composée quelconque pourrait être obtenue en multipliant une quantité constante par le nombre des atomes élémentaires contenus dans cette molécule.

Mais, si l'on observe le plus souvent une vérification générale et approximative de ce principe, il est impossible cependant de le considérer comme vrai d'une manière absolue.

Il y a d'abord des exceptions parfaitement établies, mais que

l'on peut appeler accidentelles ou isolées, et dont il est impossible dans l'état actuel de comprendre la cause. Telles sont par exemple les différences que l'on constate dans les chaleurs spécifiques moléculaires de l'alumine (21,3) et de l'oxyde de fer (26,8), ou bien dans celles du fer oxydulé (37,7), du fer chromé (31,2) et du spinelle (27,7)

Mais il y a d'autres exceptions qui présentent un caractère de généralité tel qu'il est impossible de ne pas les attribuer à une loi et que l'on peut résumer ainsi : Le principe de Neumann est suivi d'une manière très-approximative par tous les composés dans lesquels il n'entre que des corps simples obéissant eux-mêmes assez exactement à la loi de Dulong et Petit. Mais dès qu'il entre dans un composé un élément dont la chaleur spécifique à l'état libre ne s'accorde pas très-exactement avec cette loi, comme le soufre et le phosphore, ou s'en écarte complétement comme le carbone, le bore et le silicium, des anomalies correspondantes et sensiblement du même ordre, s'observent dans la chaleur spécifique d'une telle combinaison. La même anomalie s'étend aux combinaisons d'un certain nombre de corps simples dont la chaleur spécifique à l'état solide n'a pu être déterminée directement.

Ces considérations conduisent naturellement M. Kopp à poser les conclusions suivantes :

Chaque corps simple possède, à l'état solide, une chaleur spécifique atomique qui lui est propre. Toutefois, on peut provisoirement admettre qu'elle est à peu près la même pour la plupart d'entr'eux, suivant la loi de Dulong et Petit.

Chaque élément entre dans toutes ses combinaisons avec une chaleur spécifique à peu près identique avec celle qu'il possède à l'état de liberté, en sorte que l'on peut calculer approximativement la chaleur spécifique d'un composé quelconque lorsque l'on connaît celle de ses éléments.

Enfin il est possible, pour les corps simples dont on ne peut déterminer directement la chaleur spécifique à l'état solide, de la calculer au moyen de celle de leurs composés en en retranchant

celle des autres éléments pour lesquels elle a pu être déterminée par l'expérience. Il est clair d'ailleurs que l'on ne peut compter dans ce dernier cas sur une valeur approchée que lorsqu'on peut prendre la moyenne des déterminations obtenues pour un nombre assez grand de combinaisons.

M. Kopp montre l'application et la justification de ces règles par un tableau renfermant la chaleur spécifique calculée sur ces bases pour tous les composés pour lesquels elle a été déterminée expérimentalement, comparée avec le résultat même des observations. L'accord est en général assez satisfaisant.

Nous nous bornerons à reproduire ici l'indication des chaleurs spécifiques qu'il est conduit à attribuer aux divers éléments :

1° Corps simples obéissant approximativement à la loi de Dulong et Petit, et pour lesquels on peut admettre le même nombre, 6, 4 comme représentant la chaleur atomique :

Aluminium	Fer	Plomb
Antimoine	Étain	Potassium
Argent	Iode	Rhodium
Arsenic	Iridium	* Rubidium
* Azote [1]	Lithium	Sélénium
* Baryum	Magnésium	Sodium
Bismuth	Manganèse	* Strontium
Brome	Mercure	Tellure
Cadmium	Molybdène	Thallium
* Calcium	Nickel	* Titane
* Chlore	Or	Wolfram
* Chrome	Osmium	Zinc
Cobalt	Palladium	* Zirconium
Cuivre	Platine.	

2° Corps simples dont la chaleur spécifique s'écarte sensiblement ou complétement de la loi de Dulong et Petit, et pour l'é-

[1] Les corps dont le nom est précédé d'un * sont ceux pour lesquels a chaleur spécifique n'a pu être déterminée directement, mais a été déduite de celle de leurs combinaisons.

valuation de laquelle on a fait concourir la détermination expérimentale, quand elle a été possible, et celle des chaleurs des combinaisons :

Soufre	chaleur atomique admise	5,4
Phosphore	»	5,4
Fluor	»	5
Oxygène	»	4
Silicium	»	3,8
Bore	»	2,7
Hydrogène	»	2,3
Carbone	»	1,8

A la suite de ce travail, M. Kopp présente quelques considérations sur la nature des éléments chimiques. Nous n'avons et nous n'aurons peut-être jamais aucun moyen d'établir par l'expérience si les corps que nous considérons comme des éléments sont réellement des corps simples ou sont encore des composés de principes encore inconnus. Mais on peut espérer qu'une comparaison des propriétés de ces éléments et de celles des corps dont la composition nous est connue, pourra nous apprendre si tous nos éléments chimiques actuels sont bien des corps d'un même ordre, plus simples que tous les corps composés connus, si l'analyse chimique est bien arrivée dans tous les cas à la même limite dans le degré de composition des molécules qui ont résisté jusqu'ici à tous ses efforts de décomposition. C'est ce que l'on a pu croire tant que l'on a admis que la loi de Dulong et Petit était applicable à tous les corps considérés comme des éléments chimiques, et qu'ils avaient tous une même chaleur atomique, toujours inférieure à celle des corps composés.

Mais cette démonstration ne peut plus être admise s'il est établi qu'il y a des éléments dont la chaleur atomique est de beaucoup inférieure à celle de la plupart des autres, et qu'ils portent ce même caractère dans tous les composés qu'ils forment. Il n'y a pas de raison dans ce cas pour qu'il n'y ait des corps composés, et composés au même degré que les combinaisons les

mieux déterminées, qui, étant formés de pareils éléments, n'aient pas une chaleur atomique supérieure à celle d'une grande partie de corps simples. Ainsi. par exemple, le fait que le chlore, le brome et l'iode présentent sensiblement la même chaleur atomique que la plupart des autres éléments, ne peut être invoqué comme un argument pour prouver qu'ils seraient, soit comme corps simples, soit comme corps composés, sur la même ligne qu'eux. Ainsi on peut remarquer que, suivant les règles exposées plus haut, la chaleur atomique de l'eau oxygénée doit être égale à 6, 3,(4, + 2, 3), c'est-à-dire presque identique avec celle de ces éléments (6, 4).

Si l'on peut tirer de la comparaison des chaleurs spécifiques des corps quelque induction sur leur nature chimique, la seule qui serait actuellement justifiée serait que, parmi nos éléments actuels, le carbone et l'hydrogène, s'ils ne sont pas encore de véritables corps simples, sont du moins des combinaisons plus simples que le silicium et l'oxygène, et que la plupart des autres éléments, suivant la loi de Dulong et Petit, sont encore des composés d'un ordre plus élevé.

Dr C. Winkler, Beitrage... Contributions a l'histoire de l'indium (*Journ. für prakt. Chemie*, t. XCIV, p. 1.)

M. Winkler vient de publier sur l'*indium* un travail qui confirme les données sur ce corps que nous devons à MM. Reich et Richter [1], en y ajoutant quelques faits nouveaux dont nous allons parler.

L'auteur a retiré l'indium du zinc des usines de Freiberg, lequel contient 0,045 pour cent de son poids du nouveau métal; il indique trois procédés d'extraction plus rapides et moins coûteux que celui de MM. Reich et Richter.

[1] Voyez *Archives*, t. XIX, 144 et t. XXII, p. 79.

Le premier consiste à attaquer le zinc indifère par l'acide sulfurique ou l'acide chlorhydrique, en prenant soin toutefois qu'une petite quantité du métal demeure non dissoute, et à faire bouillir le tout pendant quelque temps. Le résidu consiste essentiellement en indium dont la purification subséquente est facile.

Le dernier procédé est fondé sur la propriété qu'a le carbonate de baryte de précipiter totalement à froid l'oxyde d'indium sans déplacer celui de zinc. Après un contact prolongé avec le carbonate terreux, la liqueur ne renferme plus d'indium, celui-ci ayant tout passé dans le dépôt où on le retrouve avec un peu de fer, d'alumine, etc.

Le poids spécifique de l'indium, pris sur une feuille pesant 0gr,773, a été trouvé égal à 7,362 (à + 15° C.).

L'oxyde (InO) s'obtient en morceaux jaunes, translucides, par la calcination de son hydrate. Après avoir subi l'action de la chaleur il est lentement à froid soluble dans les acides même énergiques; l'ébullition active considérablement la dissolution. Le zinc le sépare de ses combinaisons sous forme de petites écailles brillantes.

Le carbonate d'indium est soluble dans un excès de carbonate ammonique ; l'ébullition le fait se déposer de nouveau ; les carbonates de potasse, de soude, et le bi-carbonate de cette dernière base ne le dissolvent pas.

MM. Reich et Richter avaient trouvé, pour le poids atomique de l'indium, un nombre moyen de 464,15, avec un minimum égal à 458,4 (36,67, H = 1). M. Winkler a fait deux séries d'expériences dont la première (réduction de l'oxyde par l'hydrogène) a donné, en prenant l'hydrogène pour unité, les nombres suivants :

33,88
33,21
26,49
25,09

La seconde (dissolution du métal par l'acide nitrique et dosage

de l'oxyde restant après la destruction au feu du nitrate), conduit à 35,874 — 35,927 — 35,953, dont la moyenne (35,918) est adoptée par l'auteur, qui rejette ainsi les résultats de la première série. M. D.

ZOOLOGIE, ANATOMIE ET PALÉONTOLOGIE.

M. Sars, Observations géologiques et zoologiques faites pendant un voyage dans une partie de la province de Trondhjem (*Geologiske og zoologiske Jagttagelser anstillede paa en Reise i en Deel af Trondjhem's Stift.* Christiania, 1863. — Le même : Om en ny Art, etc. Sur une nouvelle Brachiolaire (*Videnskabsselskabets Forhandlinger for* 1863).

Le nouveau voyage du célèbre zoologiste norwégien a été, comme chacun des précédents, fécond en observations intéressantes. Nous citerons d'abord celles relatives aux cailloux de marne dure qu'on trouve en grande abondance dans des argiles marneuses de l'époque glaciaire de divers districts scandinaves. Ces cailloux ont parfois des formes si régulières qu'on les dirait faits au tour. On les a souvent considérés comme des concrétions, mais M. Kjerulf s'est récemment efforcé de montrer que ce sont des cailloux roulés provenant de débris des couches marneuses siluriennes et enfermés dans les marnes glaciaires.

Dans la province de Trondhjem, M. Sars s'est assuré que les cailloux en question renferment très-fréquemment des débris organiques, tandis que la marne dans laquelle ils sont déposés n'en présente point. Ils sont formés de couches concentriques déposées, pour ainsi dire, autour du fossile inclus. La détermination de ces débris organisés ne laisse aucun doute sur le fait que l'opinion de M. Kjerulf est erronée. Ces fossiles sont, en effet, de l'époque glaciaire et non de l'époque silurienne. Ce sont surtout des mollusques lamellibranches, puis, en outre des poissons (merlan et

autres gadoïdes, *Osmérus arcticus*, etc.), diverses espèces d'annélides chétopodes, une ophiure, une pennatule, etc. Il semble que les débris organiques aient agi comme centre d'attraction sur les parties calcaires de la marne et déterminé ainsi la formation des cailloux dans le sein de la couche marneuse.

Nous ne pouvons suivre M. Sars dans l'examen des nombreuses espèces vivantes (mollusques, bryozoaires, annélides, échinodermes, cœlentérés) qu'il a recueillies dans son voyage et sur chacune desquelles il donne des détails zoologiques ou anatomiques dignes d'intérêt. Nous nous contenterons de mentionner la découverte d'une nouvelle larve d'échinoderme très-intéressante appartenant au type des Brachiolaires. Cette larve présente encore plus d'affinité avec les Bipinnaires que les Brachiolaires observées par Joh. Müller. Son développement est aussi très-semblable à celui des Bipinnaires. En effet, l'astéride en voie de formation offre les mêmes rapports de position et d'union avec le corps de la larve que chez les Bipinnaires. M. Sars a constaté cependant certaines dissemblances dans l'évolution. Chez les Bipinnaires le rudiment du système ambulacraire apparaît de très-bonne heure sous la forme d'une rosette formée de cinq cœcums ; chez les brachiolaires, au contraire, ces cœcums ne sont point resserrés en un groupe, mais distants les uns des autres et le cercle auquel ils appartiennent n'est point fermé, mais ouvert d'un côté. Cet état persiste jusqu'après la formation du périsome avec ses cinq bras et leurs piquants.

Les Brachiolaires ne se distinguent en réalité des Bipinnaires que par la présence de trois bras contractiles à l'extrémité antérieure. M. Sars s'est convaincu que ces organes, dont le rôle était jusqu'ici resté problématique, fonctionnent comme un appareil fixateur. On doit donc les comparer aux organes de fixation, du reste très-semblables, des larves d'*Echinaster sanguinolentus* et d'*Asteracanthion Muelleri*. Ces types de larves, en apparence si différents, se trouvent ainsi reliés ensemble d'une manière inattendue.

Prof. CLAUS : UEBER EINIGE SCHIZOPODEN, etc. SUR QUELQUES SCHIZOPODES ET MALACOSTRACÉS INFÉRIEURS DE MESSINE (*Zeitschrift f. wiss Zoologie*, XIII, p. 422-454).— Prof. M. SARS : OM SLÆGTEN, etc. SUR LE GENRE THYSEUCOPODE ET SES ESPÈCES NORWÉGIENNES (*Videnskabsselskabets Forhandlinger for Aaaret* 1863, Christiania).

M. Claus et M. Sars ont étudié simultanément et indépendamment l'un de l'autre les crustacés schizopodes de la famille des Euphausides au point de vue d'organes singuliers déjà signalés par MM. Dana, Semper et Krœyer. Ces crustacés présentent à la base de plusieurs pieds thoraciques et des quatre premières paires d'extrémités abdominales, des organes rougeâtres, de forme sphérique, que M. Semper a pris pour des yeux et M. Krœyer pour des capsules auditives. M. Sars et M. Claus démontrent, d'une manière péremptoire, que l'opinion de M. Semper est seule juste, quoiqu'il existe, en outre de ces yeux des pieds, les deux gros yeux composés communs à tous les autres décapodes. Chacun de ces yeux thoraciques et abdominaux reçoit un nerf spécial de la chaîne ganglionnaire ventrale. Il est formé d'un bulbe sphérique mû par des muscles spéciaux, et dans cè bulbe on peut distinguer un cristallin, un corps vitré, une couche pigmentaire et une rétine à structure complexe. L'existence d'un cristallin distinct de la cornée est très-frappante, comme le fait remarquer M. Sars, car chez les autres crustacés il n'existe pas de cristallin proprement dit, la cornée épaissie et renflée en jouant le rôle. La position des quatre paires d'yeux abdominaux est, selon M. Claus, fort remarquable. La première paire regarde en avant, la dernière en arrière et les deux intermédiaires en bas. Enfin les yeux thoraciques regardent de côté.

Le mémoire de M. Claus rapporte beaucoup d'autres observations intéressantes. Il contient, par exemple, une histoire du développement des Euphausides, une comparaison des Phyllosomes

et des embryons contenus dans les œufs de Palinures, comparaison singulièrement peu favorable à la transformation des Phyllosomes en Palinures, annoncée par MM. Coste et Gerbe, etc., etc.

Prof. ALLMAN. ON THE CONSTRUCTION, etc. SUR L'ÉTABLISSEMENT ET LA DÉLIMITATION DES GENRES PARMI LES HYDROÏDES (*Annals and Mag. of Nat. History*. May 1864).

Les principes qui ont servi de base à la classification des autres groupes du règne animal ont été complétement laissés de côté dans la classification des Hydroïdes. Cela tient, on le sait, à ce que presque toutes les espèces sont sujettes à se présenter sous deux formes tellement distinctes, que personne ne pourrait soupçonner *a priori* le lien physiologique qui les unit l'une à l'autre. Ces deux formes sont celles de polype hydroïde et celle de méduse gymnophthalme. Soit les polypoïdes, soit les médusoïdes ont été considérés comme des organismes distincts, et ont reçu chacun pour leur compte des noms génériques et spécifiques propres.

Les inconvénients de cette double classification sont évidents, et bien qu'il existe une foule de méduses dont les polypoïdes sont encore inconnus, il est temps de réformer cette anomalie du système zoologique. M. M'Crady a déjà tenté cette réforme en basant sa nouvelle classification des méduses gymnophthalmes sur l'élément médusoïde et l'élément polypoïde à la fois. Toutefois M. M'Crady accorde une prééminence exagérée à l'élément médusoïde. Dans une tentative analogue M. L. Agassiz a rétabli l'équilibre entre les deux éléments et il a fait prévaloir l'idée que la priorité doit être accordée au nom de date la plus ancienne, sans s'inquiéter de ce que ce nom ait été accordé au polypoïde ou bien au médusoïde.

M. Allman, tout en reconnaissant l'importance des réformes introduites par MM. M'Crady et Agassiz, pense qu'il y a encore beaucoup à faire pour fixer les caractères qui doivent servir de

point de départ à l'établissement des genres. C'est la fixation de ces caractères qui fait l'objet de son mémoire. Il reconnait aussi la nécessité de baser la classification à la fois sur l'étude des individus nourriciers ou trophosomes (polypoïdes) et des individus reproducteurs ou gonosomes (médusoïdes). Les caractères génériques fournis par les trophosomes, sont tirés essentiellement de la forme, de l'arrangement et de la structure des tentacules (filiformes ou en massue, formant un ou plusieurs verticilles, etc.), de la condition d'isolement ou d'aggrégation des individus, de la nature et de l'étendue du périderme chitineux. Les caractères génériques fournis par les gonosomes sont tirés du mode d'origine et de la forme des gonophores, selon qu'ils se présentent dans la condition d'un sac fixe (gon. adélocodoniques) ou dans la condition d'une méduse libre (gon. phanérocodoniques). Chacune de ces catégories de gonophores peut présenter des différences de formes utilisables pour la délimitation des genres. Ces différences sont, il est vrai, minimes pour les formes adélocodoniques ; elles sont en revanche nombreuses et considérables pour les formes phanérocodoniques.

La classification des hydroïdes ne soulèverait pas de très-grandes difficultés, si tous les médusoïdes génériquement identiques naissaient, comme on l'a cru à tort pendant longtemps, sur des polypoïdes identiques et si les polypoïdes génériquement identiques donnaient naissance à des médusoïdes génériquement identiques. Tel n'est point toujours le cas. On observe au contraire, soit des cas d'*isogonisme*, c'est-à dire d'association de gonosomes semblables avec des trophosomes dissemblables, soit des cas d'*hétérogonisme*, c'est-à-dire d'association de gonosomes dissemblables avec des trophosomes semblables. Les difficultés résultant de ces anomalies sont très-semblables à celles que l'isomorphisme et le dimorphisme opposent aux classifications minéralogiques.

Une autre difficulté propre à dérouter le zoologiste, c'est que les méduses se détachent des trophosomes avant l'état adulte et

subissent parfois des transformations importantes (multiplication des tentacules) avant d'arriver à maturité.

Le mémoire de M. Allman renferme une révision complète des hydroïdes appartenant aux groupes des tubulaires et des campanulaires.

Prof. KŒLLIKER. KURZER BERICHT, etc. RAPPORT SUR DES OBSERVATIONS D'ANATOMIE COMPARÉE FAITES SUR LA COTE D'ÉCOSSE PENDANT L'AUTOMNE 1864. (*Würzburger naturw. Zeitschr.* Bd. V.)

Pendant un séjour auprès de M. Allen Thomson à Morland, près de Skelmorlie, sur les bords du Firth of Clyde, M. Kœlliker s'est livré à une série de recherches histiologiques sur les Hydrozoaires, les Cténophores et les Annélides.

Chez les Hydrozoaires soit acalèphes, l'auteur distingue trois espèces de tissus connectifs. La première forme les tentacules des polypes hydroïdes et tous les tentacules solides des méduses. Elle se présente sous la forme d'une série de cellules (cellules musculaires de Keferstein) occupant l'axe du tentacule. Ces cellules sont dépourvues de contractilité. Tout au moins les tentacules des Aeginides et des Trachynémides qui offrent cette conformation sont-ils roides. Les tentacules contractiles doivent leur contractilité, selon M. Kœlliker, à une couche musculaire placée entre l'axe cellulaire et l'épithélium externe. Cet axe cellulaire n'est qu'une dépendance de l'épithélium interne qui revêt la cavité digestive (hydroïdes) ou le canal marginal (méduses). Il joue vraisemblablement le rôle d'un organe élastique antagoniste de la couche musculaire.

La seconde espèce de tissu connectif est une substance dépourvue de cellules qui forme l'ombrelle de toutes les méduses simples, y compris la substance gélatineuse des cloches natatoires et des feuilles tectrices des siphonophores. Tantôt cette substance est entièrement homogène, tantôt elle est traversée par de nom-

breuses fibres très-semblables aux fibres élastiques [1]. Chez une Aequorea ces fibres s'attachent à une membrane fondamentale, susceptible d'être isolée, placée sous l'épithélium de la surface convexe de l'ombrelle.

Enfin la troisième forme de tissu connectif est la substance gélatineuse, à cellules disséminées, bien connue de l'ombrelle des méduses supérieures. L'auteur est cependant d'accord avec M. Virchow pour dénier ces cellules à la *Cyanea capillata*.

Relativement aux Annélides, M. Kœlliker fait connaître une foule de petits détails d'histiologie dont une grande partie sont une confirmation d'observations faites par M. Claparède sur les côtes de Normandie. Il consacre surtout beaucoup d'attention à l'étude des capsules à bâtonnets si répandues chez les polychètes et sur les organes des sens (vraisemblablement tactiles) de la peau de divers Annélides.

Prof. GEGENBAUR. UEBER DIE BILDUNG, etc. SUR LA FORMATION DU TISSU OSSEUX (*Jenaer Zeitschrift für Medizin*. I. 3. 1864.)

Les *Archives* ont souvent entretenu leurs lecteurs depuis quelques années des nombreux travaux auxquels a donné lieu l'histiologie des os. La controverse entre M. Lieberkühn et M. Heinrich Müller a occupé dans leurs pages la place qu'elle méritait. Un nouvel élément de discussion se fait jour. M. Gegenbauer, tout en acceptant une grande partie des observations de ses devanciers, de H. Müller en particulier, se présente avec des recherches et une théorie toutes nouvelles.

M. Gegenbaur distingue dans le périoste une couche continue de cellules (couche ostéoblaste) qui sécrète la substance fondamentale de l'os. Cette couche pénètre dans les cavités internes de l'os et y revêt l'apparence d'un épithélium. Les systèmes de lamelles qui entourent les canalicules de Havers sont l'expression d'un dépôt successif sécrété par la couche ostéoblaste.

[1] Existant aussi chez les Lucernaires. *(Réd.)*

Dans le cas de l'ossification des cartilages il se forme une couche ostéoblaste toute semblable aux dépens des cellules embryonnaires qui remplissent les cavités médullaires primaires. Cette couche non-seulement fonctionne comme un épithélium sécrétant la substance fondamentale des os, mais encore elle fournit directement les cellules osseuses, quelques cellules ostéoblastes se détachant çà et là pour s'incorporer dans la substance de l'os. Le protoplasma de ces cellules émet des processus plus ou moins allongés qui constituent les rayons des corpuscules étoilés, etc.

G.-O. SARS. OM EN ANOMAL, etc. SUR UN GROUPE ANORMAL D'ISOPODES (*Videnskabsselskabets Forhandlinger i Christiania for 1863*).

M. Sars, fils, a fait, dans la Mer du Nord, la découverte d'un groupe de crustacés isopodes à peu près entièrement nouveau, puisque, jusqu'ici, une seule espèce découverte par son illustre père paraît s'en rapprocher quelque peu. Ces animaux paraissent avoir échappé aux recherches des naturalistes, soit à cause de leur petitesse, soit surtout parce qu'ils vivent à des profondeurs relativement considérables.

Ces crustacés s'éloignent de tous les autres isopodes par l'absence complète d'yeux, puis par la singulière circonstance que leurs trois dernières paires de pieds thoraciques sont différentes des autres, soit par leur forme, soit par leur fonction. Ces animaux mentent donc en réalité au nom d'*isopodes*. Ces pieds sont en effet transformés en puissants instruments de natation, à l'aide desquels ils rasent avec agilité le fond de la mer. Cette natation est d'autant plus remarquable qu'elle a toujours lieu à reculons, les longues antennes dirigées en avant.

La famille des *isopodes nageurs* formée pour ces crustacés par M. Sars, renferme quatre ou cinq genres dont les espèces seront figurées plus tard.

BOTANIQUE.

CHARLES DARWIN. SUR LES RAPPORTS SEXUELS ENTRE LES TROIS FORMES DU LYTHRUM SALICARIA.

Vaucher est le premier qui ait signalé les trois formes du *Lythrum salicaria*. Plus tard Wirgten s'en est aussi occupé avec détails. Il est donc hors de doute que les graines de cette espèce donnent naissance à des individus de trois formes distinctes, et comme ces trois formes se reproduisent les unes par les autres, on doit les considérer comme trois modifications d'une seule et même espèce. M. Darwin, guidé par ses précédentes recherches sur le dimorphisme des *Primula* et *Linum*, a découvert entre les trois formes du *Lythrum salicaria* des relations jusqu'ici inconnues.

Voici d'abord en quoi se distinguent les trois formes dont il s'agit. La fleur des *Lythrum* contient un style et deux verticilles d'étamines de dix chacun. Si l'on examine plusieurs fleurs, on trouve que le style peut être de trois longueurs différentes. Il y a des fleurs à style long, d'autres à style moyen, et enfin d'autres à style court. Il en est de même des étamines, dont les trois longueurs différentes sont respectivement égales aux trois longueurs de style.

Dans chaque fleur il y a toujours six étamines d'une longueur et six d'une autre, combinées de telle manière que chaque longueur de style est toujours associée dans la même fleur avec des étamines des deux autres longueurs. Il y a donc : 1° des fleurs à styles longs avec les étamines moyennes et courtes ; 2° des fleurs à styles moyens avec les étamines longues et courtes ; 3° des fleurs à styles courts avec les étamines longues et moyennes. Tels sont les caractères distinctifs des trois formes du *Lythrum salicaria*. C'est une espèce trimorphe au même titre que les *Primula* et *Linum* sont dimorphes. Ces trois formes existent en proportion presque égale dans toute l'Europe. M. Darwin a

a été curieux de déterminer leur fécondité relative ainsi que la fécondité des divers croisements, au nombre de dix-huit, qu'on peut faire entre elles. Il appelle *unions légitimes* celles qui ont lieu entre un style et des étamines de même longueur, et *unions illégitimes* celles qui ont lieu entre un style et des étamines de longueurs différentes.

Il mesure le degré de fécondité de chaque croisement par le nombre des graines contenues en moyenne dans les capsules produites. Comme la couleur du pollen n'est pas la même pour les trois sortes d'étamines, il est toujours facile de reconnaître sa provenance dans chaque cas.

Cela dit, voici les principaux résultats obtenus par M. Darwin :

1° Dans la nature la fécondation du *Lythrum salicaria* a presque toujours lieu par l'intermédiaire des abeilles. Des pieds de cette espèce, soigneusement abrités contre ces insectes, sont demeurés stériles, tandis que d'autres pieds fréquemment visités par eux ont toujours produit des graines fécondes.

En examinant à la loupe les abeilles qui voltigent sur des fleurs de *Lythrum*, il est aisé de voir qu'elles charrient une assez grande quantité de pollen provenant des différentes espèces d'étamines. On peut ainsi constater que le pollen des longues étamines se dépose principalement sur la partie postérieure du corps des abeilles, tandis que le pollen des étamines moyennes se pose sur leur ventre et celui des courtes étamines sur leur tête. Il est d'ailleurs bien clair qu'il doit en être ainsi. Réciproquement, une abeille ainsi chargée de pollen devra déposer celui des longues étamines sur les longs styles, celui des courtes étamines sur les courts styles, et celui des étamines moyennes sur les styles moyens. Il en résulte donc que les abeilles produiront presque toujours des *unions légitimes*.

2° *Les unions légitimes sont beaucoup plus fécondes que les unions illégitimes.*

C'est ce qui ressort assez clairement des tableaux suivants :

Forme à long style :

Union légitime :	Union illégitime.
13 fleurs fécondées par les longues étamines de la forme à court style.	14 fleurs fécondées par les courtes étamines de la forme à style moyen.

Nombre des graines dans chaque capsule :

159	104	3	0
43	119	0	0
96	96	0	0
103	99	0	0
0		0	0
0	131	0	0
114	116	0	0

Forme à style moyen :

Union légitime :	Union illégitime :
12 fleurs fécondées par les courtes étamines de la forme à court style.	15 fleurs fécondées par les longues étamines de la forme à court style.

Nombre des graines dans chaque capsule :

112	109	130	86
130	143	115	113
143	124	14	29
100	145	6	17
33	12	2	113
104	141	9	79
		132	128
			0

Forme à court style :

Union légitime: 12 fleurs fécondées par les courtes étamines de la forme à long style.	Union illégitime : 10 fleurs fécondées par les longues étamines de la forme à style moyen.
Nombre des graines dans chaque capsule :	
69 56	0 0
61 88	0 0
88 112	0 0
66 111	0 0
0 62	0 0
0 100	

3° Les tableaux précédents montrent aussi que les unions les plus fécondes sont les unions légitimes de la forme à style moyen et que les unions illégitimes de cette même forme sont beaucoup moins stériles que ne le sont les unions illégitimes des autres formes.

4° D'autres tableaux, que nous ne citons pas pour abréger, montrent que les unions légitimes et illégitimes, entre le style et les étamines d'une même fleur, sont presque toujours stériles.

En résumé, l'espèce *Lythrum salicaria* est une association de trois femelles et trois mâles. Les mâles sont groupés deux à deux de trois manières différentes avec chaque femelle, et chacune de ces dernières presque stérile avec ses deux propres mâles est très-féconde avec l'un de ceux de chacune des autres femelles.

Enfin, M. Darwin a aussi observé des cas de trimorphisme chez d'autres espèces du genre *Lythrum*, telles que les *L. Graefferi*, *thymifolia*, *hyssopifolia*, et dans le genre *Nœsaea* chez le *N. verticillata*, mais il ne les a pas encore soumis aux mêmes expériences.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A L'OBSERVATOIRE DE GENÈVE

sous la direction de

M. le Prof. E. PLANTAMOUR

PENDANT LE MOIS D'AVRIL 1865.

Le 3, forte gelée blanche le matin, halo solaire l'après-midi, pluie le soir.

4, halo solaire le matin.

5, forte gelée blanche ; faible halo solaire l'après-midi ; belle couronne lunaire dans la soirée.

6, rosée, halo solaire l'après-midi avec parhélies.

7, rosée le matin.

8, vers 4 h. 30 m. de l'après-midi, le parhélie à l'Ouest du soleil est éblouissant.

10, 11 et 12, rosée le matin.

17, rosée le matin ; halo solaire à plusieurs reprises.

18, le matin de 7 h. à 8 h. 30 m., les deux parhélies sont alternativement ou simultanément visibles, ainsi qu'une partie de l'arc tangent supérieur, environ 10° du cercle circumzénithal ; plus tard, de 10 h. à 2 h. faible halo solaire à plusieurs reprises.

26, tonnerres de 1 h. 15 m. à 2 h. 15 m. de l'après-midi ; l'orage suit la direction du Nord au Sud du côté du Jura ; forts coups de vent du Nord avec quelques gouttes de pluie.

A partir du 4 de ce mois, la chaleur a été très-exceptionnelle pour la saison ; la température moyenne du mois a été de 12°,79, soit de 4°.18 plus élevée que de coutume, ou à peu près égale à celle du mois de Mai. Le mois d'Avril le plus chaud des quarante années antérieures, celui de l'année 1830, n'avait donné que 12°,08, soit 7 dixièmes de moins qu'en 1865.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.

MAXIMUM.	mm	MINIMUM.	mm
		Le 3, à 2 h. soir	723,53
Le 5, à 10 h matin...	737,30	8, à 4 h. soir....	728,53
10, à 8 h matin...	734.65	13, à 6 h. soir.....	728,20
16, à 10 h. matin...	731,83	18, à 4 h. soir....	723,65
20, à 8 h. matin...	730,81	21, à 6 h. soir....	725,60
24, à 8 h. matin...	731,96	25, à 4 h. soir....	728,41
27, à 6 h. matin ...	731,05	29, à 8 h. soir.....	719,66

Jours du mois.	Baromètre. Hauteur moy. des 24 h.	Baromètre. Écart avec la hauteur normale.	Température C. Moyenne des 24 heures.	Température C. Ecart avec la temp. normale.	Température C. Minim.	Température C. Maxim.	Tension de la vap. Moy. des 24 h	Tension de la vap. Ecart avec la tension normale.	Fract. de saturation en millièmes. Moy. des 24 h.	Fract. de saturation en millièmes. Ecart avec la fraction norm.	Fract. de saturation en millièmes. Minimum.	Fract. de saturation en millièmes. Maximum.	Pluie ou neige. Eau tomb. d. les 24 h.	Pluie ou neige. Nomb. d'h.	Vent dominant.	Clarté moy. du Ciel.	Temp. du Rhône. Midi.	Temp. du Rhône. Ecart avec la temp. normale.	Limnimètre à midi
	millim.	millim.	o	o	o	o	mm	mm					mm.				o		pouces
1	729,83	+ 5,45	+ 1,10	— 5,42	— 2,2	+ 7,0	3,46	—1,45	729	+ 6	460	1000	...	..	variable	0,43	4,8	— 2,3	32,0
2	727,25	+ 2,90	+ 3,87	— 2,78	— 0,5	+ 9,7	4,37	—0,58	737	+ 15	510	840	...	..	NNE. 1	0,68	...	.....	31,8
3	724,37	+ 0,04	+ 4,67	— 2,11	— 2,0	+10,6	5,07	+0,08	793	+ 72	500	1000	2,3	6	variable	0,63	5,9	— 1,3	31,7
4	730.18	+ 5,87	+ 8,46	+ 1,54	+ 2,9	+15,0	5,57	+0,54	705	— 15	410	1000	...	..	variable	0,48	6,1	— 1,2	31,2
5	736,58	+12,29	+ 8 23	+ 1,17	+ 1,4	+14,0	5,67	+0,60	709	— 11	490	950	.	..	NNE. 1	0,43	7.0	— 0,3	31,0
6	735,34	+11,07	+ 9,92	+ 2,72	+ 2,7	+17.0	5,91	+0,79	665	— 54	420	920	...	..	N. 1	0,09	7,4	0 0	30,8
7	731,40	+ 7,15	+10,80	+ 3,47	+ 2,8	+17,9	6,59	+1,42	689	— 30	500	900	...	..	N. 1	0,00	8,5	+ 1,0	30,7
8	729,83	+ 5,60	+ 9,94	+ 2,47	+ 3,4	+15,2	6,57	+1,36	723	+ 5	560	890	...	.	N. 1	0,13	9,2	+ 1,7	30,7
9	732.26	+ 8.04	+12,39	+ 4,78	+ 4,3	+21,3	6,90	+1,64	661	— 56	400	910	...	..	variable	0,27	...	.....	31,3
10	733.61	+ 9,40	+13,08	+ 5,33	+ 4,7	+20,1	7,11	+1,80	653	— 64	410	920	...	.	N. 1	0,06	10,5	+ 3,8	31,8
11	731.46	+ 7,26	+12,92	+ 5,03	+ 4,5	+19,0	6,90	+1,54	643	— 73	420	920	...	..	N. 1	0,01	10.8	+ 8,0	32,2
12	729,50	+ 5,31	+14.06	+ 6,03	+ 5,8	+21,9	6,49	+1,08	566	—150	290	800	.	..	variable	0,43	11,7	+ 3,9	32,7
13	729,49	+ 5,31	+14,76	+ 6,59	+ 8,0	+21,2	7,00	+1,54	591	—125	370	770	...	..	SO. 2	0,26	9,5	+ 1,6	33,5
14	729,13	+ 4,95	+10,20	+ 1.89	+ 7,0	+14,7	8,32	+2,81	897	+181	680	950	4,6	7	SO. 1	0,99	...	.....	33 8
15	730,19	+ 6.01	+11,56	+ 3,11	+ 9,6	+15,1	9,64	+4,07	955	+240	750	1000	4,8	11	N. 1	1,00	7,5	— 0,6	34,0
16	730,66	+ 6,48	+14,17	+ 5,58	+10,8	+18,8	9.71	+4,08	823	+108	590	960	...	.	NNE. 1	0,42	...	....	34,5
17	727,40	+ 3,22	+14,84	+ 6,11	+ 8,0	+21,9	8,56	+2,87	695	— 20	470	900	...	..	N. 1	0.71	10,2	+ 2,0	35,0
18	724,45	+ 0,27	+16,53	+ 7,65	+10,3	+23,2	8,60	+2,85	647	— 68	400	940	...	..	variable	0.78	10,3	+ 2,0	35,0
19	727,57	+ 3,39	+17,56	+ 8,56	+ 9,4	+25,0	9,10	+3,29	621	— 94	380	830	...	..	SSO. 1	0,51	8,9	+ 0,5	35,5
20	729,63	+ 5,44	+15,04	+ 5,88	+13,3	+19,6	10,15	+4,28	823	+108	570	950	...	..	N. 1	0,62	9,8	+ 1,4	36,5
21	727,29	+ 3,09	+15,43	+ 6,12	+ 8,9	+21,5	9,33	+3,39	726	+ 11	460	940	..	..	N. 1	0,34	10,5	+ 2,0	37,7
22	728,08	+ 3,87	+15.99	+ 6,54	+ 8,1	+23,3	7,57	+1,57	589	—126	290	870	...	..	N 1	0,03	12,4	+ 3,8	38,5
23	730,74	+ 6,52	+16,64	+ 7,04	+ 9,7	+23,8	7,78	+1,71	577	—138	380	810	. .	..	SO. 1	0,09	...	... .	39,5
24	730,99	+ 6,76	+15,90	+ 6,16	+ 7,8	+23,2	7,71	+1,57	595	—120	350	830	.	..	variable	0,02	10,2	+ 1,4	40,5
25	729,76	+ 5,51	+16,80	+ 6,91	+ 8,0	+24,9	7,51	+1,30	561	—155	230	850	...	..	N. 1	0,16	11.3	+ 2,5	41,2
26	729,98	+ 5,71	+16,65	+ 6,62	+ 8,7	+26,1	8,14	+1,86	603	—113	330	850	.	..	variable	0,27	11,7	+ 2,8	41,8
27	729,61	+ 5,32	+16,63	+ 6,45	+ 7,6	+23,8	6.63	+0,28	519	—197	240	850	..	..	N 1	0,03	12,3	+ 3,3	42,5
28	725,81	+ 1,50	+17,14	+ 6,82	+ 8,4	+24,4	7,09	+0,67	519	— 197	200	780	...	..	SO. 1	0,27	13,5	+ 4,4	43,2
29	722,05	— 2,29	+17,03	+ 6,56	+ 8,2	+24,6	7,12	+0,63	520	—196	290	760	..	..	variable	0,32	11,2	+ 2,0	43,3
30	721.16	— 3,21	+11,34	+ 0.72	+10,6	+17,0	8,85	+2,29	903	+186	710	960	5,3	7	variable	0,99	...	....	43,5

MOYENNES DU MOIS D'AVRIL 1865.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h. s.
Baromètre.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade,	731,52	731,87	731,78	731,13	730,47	730,06	730,30	730,93	731,24
2e »	729,40	729,67	729,64	729,08	728,47	728,01	728,03	728,54	728,81
3e »	728,31	728,42	728,26	727,62	727,02	726,52	726,86	726,86	727,33
Moi	729,74	729,99	729,89	729,28	728,66	728,19	728,23	728,78	729,13
Température.									
	°	°	°	°	°	°	°	°	°
1re décade	+ 2,41	+ 6,80	+10,02	+12,21	+13,51	+13,11	+11,74	+ 9,89	+ 7,60
2e »	+ 9,46	+12,57	+15,95	+17,74	+19,05	+19,03	+17,52	+15,01	+13,34
3e »	+10,04	+15,07	+18,02	+20,35	+21,23	+21,69	+20,09	+16,62	+14,38
Mois	+ 7,31	+11,48	+14,66	+16,77	+17,93	+17,94	+16,43	+13,84	+11,88
Tension de la vapeur.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade,	5,15	5,71	5,93	5,82	5,75	5,88	5,69	5,94	6,07
2e »	7,89	8,44	8,69	8,56	8,37	8,16	8,62	8,74	9,00
3e »	7,66	8,45	8,12	8,19	7,31	7,10	7,71	7,92	7,93
Mois	6,90	7,53	7,58	7,52	7,14	7,04	7,34	7,34	7,67
Fraction de saturation en millièmes.									
1re décade,	938	752	638	542	494	516	548	653	768
2e »	885	779	650	594	526	510	587	696	795
3e »	833	662	530	473	409	389	461	573	658
Mois	884	731	606	536	476	472	532	641	740

	Therm. min.	Therm. max.	Clarté moyenne du Ciel.	Température du Rhône.	Eau de pluie ou de neige.	Limnimètre.
	°	°		°	mm	p.
1re décade,	+ 1,75	+14,78	0,32	7,42	2,3	31,30
2e »	+ 8,67	+20,04	0,57	9,84	9,4	34,27
3e »	+ 8,60	+23,26	0,25	11,64	5,3	41,17
Mois	+ 6,34	+19,36	0,38	9,63	17,0	35,56

Dans ce mois, l'air a été calme 4 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 0,92 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 58°,9 O. et son intensité est égale à 24 sur 100.

TABLEAU

DES

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AU SAINT-BERNARD

pendant

LE MOIS D'AVRIL 1865.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.

MAXIMUM.	mm	MINIMUM.	mm
Le 1, à 10 h. soir....	561,90	Le 3, à 6 h. matin ..	559,27
5, à 10 h. soir.....	572,29	8, à 6 h. matin ..	568,16
10, à 8 h. soir	571,63	14, à midi.........	567,93
16, à midi..........	570,70	18, à 4 h. soir....	567,01
19, à 8 h. soir.....	569,88	21, à 6 h. soir. ..	568.27
24, à 10 h. soir	570,74	25, à 8 h. soir.. .	569,62
26, à 10 h. soir....	570,41	30, à 8 h. matin ..	559,64

SAINT-BERNARD. — AVRIL 1865.

Jours du mois.	Baromètre. Hauteur moy. des 24 heures.	Baromètre. Ecart avec la hauteur normale.	Baromètre. Minimum.	Baromètre. Maximum.	Température, C. Moyenne des 24 heures.	Température, C. Ecart avec la température normale.	Température, C. Minimum.[1]	Température, C. Maximum.[1]	Pluie ou neige. Hauteur de la neige.	Pluie ou neige. Eau tombée dans les 24 h.	Pluie ou neige. Nombre d'heures	Vent dominant.	Clarté moy. du Ciel.
	millim.	millim.	millim.	millim.	°	°	°	°	mm	mm			
1	560,82	+ 0,59	559,56	561,90	−11,10	− 5,34	−15,8	− 7,3	......	......	......	NE. 1	0,12
2	560,60	+ 0,33	560,28	561,11	− 8,41	− 2,77	−10,7	− 3,3	......	......	......	NE. 1	0,52
3	560,92	+ 0,61	559,27	563,13	− 7,94	− 2,41	− 9,8	− 5,3	50	2,6	4	SO. 1	0,89
4	567,08	+ 6,72	564,49	568,91	− 6,11	− 0,70	− 7,9	− 2,8	......	......	......	SO. 1	0,87
5	571,56	+11,15	570,42	572,29	− 2,52	+ 2,77	− 5,7	+ 2,0	......	......	......	NE. 1	0,36
6	571,61	+11,16	571,07	572,07	+ 0,30	+ 5,47	− 3,3	+ 4,5	......	......	......	NE. 1	0,00
7	569,51	+ 9,01	569,23	569,84	+ 0,96	+ 6,01	− 1,0	+ 3,9	......	......	......	SO. 1	0,00
8	568,62	+ 8,07	568,16	569,51	− 0,67	+ 4,26	− 1,6	+ 2,2	......	......	......	SO. 1	0,46
9	570,31	+ 9,71	569,23	571,44	+ 0,22	+ 5,03	− 4,2	+ 4,1	......	......	......	variable	0,00
10	571,31	+10,65	571,01	571,63	+ 2,03	+ 6,71	− 1,9	+ 7,7	......	......	......	NE. 1	0,00
11	569,82	+ 9,11	569,57	570,16	+ 2,73	+ 7,28	− 1,2	+ 6,7	......	......	......	NE. 1	0,00
12	568,37	+ 7,60	568,07	568,82	+ 1,48	+ 5,90	− 1,0	+ 4,7	......	......	......	SO. 1	0,38
13	568,43	+ 7,60	567,03	568,95	+ 0,27	+ 4,56	− 2,4	+ 3,3	......	......	......	SO. 1	0,20
14	568,30	+ 7,41	567,93	568,84	− 1,44	+ 2,72	− 1,5	0,0	......	......	......	SO. 1	1,00
15	568,78	+ 7,83	568,31	569,37	− 1,06	+ 2,97	− 2,0	+ 0,9	70	27,0	6	SO. 1	1,00
16	569,59	+ 8,58	565,12	570,70	+ 3,30	+ 7,20	0,0	+ 5,9	......	......	......	SO. 1	0,16
17	568,89	+ 7,81	568,40	569,41	+ 2,44	+ 6,20	+ 1,5	+ 4,9	......	......	......	SO. 1	0,53
18	567,20	+ 6,05	567,01	567,62	+ 0,88	+ 4,51	+ 0,7	+ 2,8	......	......	......	SO. 2	1,00
19	569,10	+ 7,88	567,75	569,88	+ 0,66	+ 4,16	+ 0,3	+ 2,2	......	......	......	SO. 1	1,00
20	568,94	+ 7,65	568,45	569,38	+ 2,67	+ 6,03	+ 1,0	+ 5,8	......	9,8	3	NE. 1	0,92
21	568,50	+ 7,14	568,27	568,87	+ 1,49	+ 4,71	+ 1,0	+ 3,5	......	......	......	SO. 1	0,96
22	569,12	+ 7,68	568,77	569,86	+ 0,52	+ 3,60	− 0,5	+ 3,2	......	......	......	SO. 1	0,36
23	570,03	+ 8,52	569,21	570,92	+ 3,56	+ 6,50	− 0,1	+ 8,0	......	......	......	NE. 1	0,00
24	570,45	+ 8,86	570,31	570,74	+ 3,98	+ 6,78	+ 1,2	+ 8,0	......	......	......	NE. 1	0,03
25	569,86	+ 8,19	569,62	570,12	+ 3,87	+ 6,53	+ 1,0	+ 9,4	......	......	......	NE. 1	0,12
26	569,98	+ 8,23	569,70	570,41	+ 3,53	+ 6,05	0,0	+ 7,3	......	......	......	NE. 1	0,27
27	569,72	+ 7,89	569,52	570,02	+ 4,95	+ 7,33	+ 0,2	+10,0	......	......	......	NE. 1	0,04
28	566,55	+ 4,63	565,84	567,62	+ 5,37	+ 7,61	+ 1,0	+ 9,3	......	......	......	NE. 1	0,30
29	563,00	+ 1,00	562,23	563,73	+ 4,42	+ 6,52	0,0	+ 9,0	......	......	......	NE. 1	0,09
30	560,32	− 0,97	559,64	561,89	+ 1,05	+ 3,00	0,0	+ 6,2	20	13,6	9	NE. 1	1,00

MOYENNES DU MOIS D'AVRIL 1865.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s	8 h. s.	10 h.
Baromètre.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade,	566,44	566,70	567,10	567,32	567,34	567,32	567,51	567,90	567,97
2e »	568,43	568,70	568,97	568,92	568,80	568,67	568,75	568,89	569,01
3e »	567,74	567,86	567,90	567,85	567,74	567,62	567,60	567,88	568,08
Mois	567,54	567,75	567,99	568,03	567,96	567,87	567,95	568,22	568,35
Température									
	°	°	°	°	°	°	°	°	°
1re décade,	— 6,16	— 4,63	— 1,31	— 0,17	— 0,02	— 0,42	— 2,17	— 4,00	— 4,37
2e »	— 0,37	+ 1,05	+ 2,56	+ 3,11	+ 3,33	+ 3,33	+ 2,15	+ 1,24	+ 1,00
3e »	+ 0,40	+ 3,21	+ 4,88	+ 6,45	+ 6,58	+ 6,09	+ 4,02	+ 2,37	+ 2,12
Mois	— 2,04	— 0,12	+ 2,04	+ 3,13	+ 3,30	+ 3,00	+ 1,33	— 0,13	— 0,42

	Min. observé.[1]	Max. observé.[1]	Clarté moy. du Ciel.	Eau de pluie ou de neige.	Hauteur de la neige tombée.
	°	°		mm	mm
1re décade,	— 6,19	+ 0,57	0,32	2,6	50
2e »	— 0,46	+ 3,72	0,62	36,8	70
3e »	+ 0,38	+ 7,37	0,32	13,6	20
Mois	— 2,09	+ 3,89	0,42	53,0	140

Dans ce mois, l'air a été calme 28 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 0,98 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est S. 45°O., et son intensité est égale à 1 sur 100.

[1] Voir la note du tableau.

DES
PROPRIÉTÉS PHYSIQUES DES CORPS
DANS L'ÉTAT GAZEUX ET L'ÉTAT LIQUIDE.

PAR

J.-A. GROSHANS.

---

1. Quand on considère les volumes *de vapeur*, à 0° C et à 0m,76, des corps suivants :

Mercure.	Eau.	Brome.	Éther.
Hg_2	H_4O_2	Br_2	$C_8H_{20}O_2$

on trouve que tous ces volumes sont égaux.

2. Quand, maintenant, on considère les volumes de ces mêmes corps, *à l'état liquide*, on trouve un résultat très-différent :

	Mercure.	Eau.	Brome.	Éther.
Poids atomiques...	200	18	160	74
Densité à 0°	13,6	1	3,19	0,737
Volumes liquides...	14,7	18	50,1	100,4

3. Il n'y a qu'un petit nombre d'années (20 à 30) que l'on étudie les rapports de la pesanteur spécifique des liquides avec leur composition chimique. Auparavant on tenait en général peu de compte des propriétés appelées physiques, et l'on décrivait ordinairement les propriétés

d'un liquide, observé pour la première fois, à peu près en ces termes : liquide incolore, translucide comme l'eau; très-mobile (ou bien : visqueux) plus léger que l'eau (ou bien : plus lourd) ; plus volatil que l'eau (ou bien : bouillant au-dessus de 100°), etc.

4. Aussi, lorsque la curiosité scientifique s'éveilla quant aux propriétés physiques des liquides, il y avait un manque presque absolu de données et d'observations exactes; M. H. Kopp et M. Is. Pierre ont depuis enrichi cette branche de la science d'un grand nombre d'observations très-importantes, fruits de travaux longs et pénibles.

5. Avant les recherches de M. Kopp, on ne connaissait guères sur ce sujet que quelques vues isolées de Gay-Lussac; il avait observé, entre autres, que les volumes liquides du sulfure de carbone $C_2 S_4$ et de l'alcool $C_4 H_{12} O_2$ étaient égaux aux points respectifs d'ébullition.

6. On connaissait d'ailleurs la dilatation d'un très-petit nombre de liquides : du mercure, de l'eau, de l'éther, de l'alcool et du sulfure de carbone.

7. Comme il ne peut entrer dans mon dessein de donner un aperçu historique plus ou moins complet, je passerai sous silence beaucoup de faits qui se rattachent à l'étude (dans ces derniers temps) des propriétés physiques des corps par rapport à la composition chimique.

8. Avant les travaux de M. Kopp et de M. Pierre, les physiciens étudiaient les volumes spécifiques liquides d'après les données (rares et souvent incertaines) des pesanteurs spécifiques, qu'on pouvait trouver dans les traités de chimie; l'on sait que « ces données se rapportaient à la température ordinaire. »

9. Aujourd'hui l'on s'accorde généralement à ne con-

sidérer les volumes spécifiques liquides qu'à leurs points respectifs d'ébullition; les travaux de M. Kopp et de M. Pierre ont fourni à cet égard un grand nombre de données exactes.

10. Les vues de M. Kopp sont généralement connues et dès lors il n'est pas nécessaire d'entrer dans toutes leurs particularités; je n'en rapporterai donc qu'un petit nombre d'exemples.

11. M. Kopp admet que le volume spécifique liquide au point de l'ébullition est composé de la somme des volumes des éléments constituants ; ainsi le volume de l'éther propionique C_{10} H_{20} O_4. se calcule de la manière suivante :

10	C	5,5	55
20	H	2,75	55
2	O	3,9	7.8
2	O	6,1	12.2
			130

Les volumes de C et de H sont toujours les mêmes; mais O a deux volumes différents 3, 9 et 6, 1 suivant qu'il est considéré comme étant placé (par rapport à la formule chimique rationnelle) en dehors ou en dedans d'un radical.

12. Le volume du chlore étant supposé de 22,8, il est facile de calculer les volumes des corps suivants ; les volumes observés sont donnés d'après la moyenne des observations rapportées par M. Kopp [1].

Toutes les autres données de ce mémoire ont été puisées en général à la même source.

[1] *Ann. der Chemie und der Pharm.*, t. 96.

Noms des corps.	Formules.	Volumes calculés.	Volumes observés.	Nombre des observations.
Éther	$C_8\ H_{20}\ O_2$	106,8	106,1	5
Éther propionique..	$C_{10}\ H_{20}\ O_4$	130,0	129,1	9
Éther carbonique ..	$C_{10}\ H_{20}\ O_6$	137,8	139,1	2
Éther oxalique.....	$C_{12}\ H_{20}\ O_8$	161,0	166,9	3
Chlorure de butylène	$C_8\ H_{16}\ Cl_2$	133,6	131,6	2

13. Les vues de M. Kopp sont aujourd'hui généralement admises; c'est pour cela qu'il peut être utile de rappeler sa propre opinion quant à ces vues.

« La formule (des paragraphes 11 et 12) ne pourrait être regardée comme représentant la nature véritable des faits; mais je crois cette formule d'un usage utile, comme formule empirique pour exprimer les rapports entre la composition chimique et le volume spécifique. Quand plus tard on pourra trouver des formules plus simples, celles-là seront plus profitables. »

14. En admettant l'utilité de la formule de M. Kopp, comme formule empirique, il m'a semblé cependant intéressant de rechercher dans les volumes spécifiques liquides quelques vestiges de la loi si simple (mentionnée au § 1) des volumes des vapeurs; les liquides n'étant autre chose que des vapeurs refroidies et concentrées.

En prenant pour les cinq corps du § 12 les points d'ébullition qui sont respectivement :

$$35^0,2\ ;\quad 96^0,8\ ;\quad 125^0,5\ ;\quad 184^0,6 \text{ et } 122^0,3.$$

on a pour ces corps, *à l'état de vapeur*, à $0^m,76$ et au point d'ébullition $=s$, les volumes spécifiques suivants, par la formule :

$$\text{vol}_s = \frac{273 + s}{273}$$

Noms des corps.	Formules.	Volumes.
Éther..............	$C_8H_{20}O_2$	1,129
Éther propionique....	$C_{10}H_{20}O_4$	1,354
Éther carbonique.....	$C_{10}H_{10}O_6$	1,459
Ether oxalique.......	$C_{12}H_{20}O_8$	1,676
Chlorure de butylène...	$C_8H_{16}C_2$	1,448

et en multipliant ces volumes spécifiques par la fraction

$$\frac{273}{273+s} \text{ inverse de la fraction } \frac{273}{273+s}$$

tous les volumes se réduisent naturellement à l'unité.

16. Maintenant en multipliant les volumes *liquides* observés du § 12 par la même fraction

$$\frac{273}{273+s}$$

on obtient :

Nom des corps :	éther,	éth. prop.,	éth. carb.,	éth. oxal.,	chl. de b.
vol. liquides...	106,1	129,1	139,1	166,9	131,6
vol. réduits...	94,0	95,3	95,3	99,5	91,1

En considérant les *volumes réduits* comme égaux, l'analogie des volumes liquides avec les volumes gazeux est presque complète.

Pour ces cinq corps on observe le fait suivant :

Aux points d'ébullition (c'est-à-dire à des températures correspondant à la même tension), *les volumes tant en vapeur qu'à l'état liquide, sont proportionnels aux températures* (*augmentées de 273*).

Il y a cependant cette différence que l'égalité des volumes réduits (liquides) n'existe pas pour les corps de groupes différents.

17. L'observation de la concordance du § 16 aurait peu de valeur si les cinq corps n'avaient pas entre eux d'autres rapports remarquables.

L'on voit que les quatre premiers corps ont tous le même nombre d'atomes d'hydrogène, 20; c'est là un point essentiel.

Le cinquième corps est un produit de substitution du corps $C_8 H_{20}$.

Toutes les formules chimiques de ces cinq corps se ressemblent.

Mais il y a de plus le fait suivant :

Les pesanteurs spécifiques, tant à l'état de vapeur qu'à l'état liquide (à 0,m76 et aux points d'ébullition), *sont à peu près exactement dans le rapport des nombres d'atomes de C, de H et de O.*

18. En effet, en exprimant la densité des vapeurs (aux points d'ébullition) par la formule[1]:

$$d = a. \ 0,0346 \ \frac{273}{273 + t}$$

on obtient :

	Éther.	éth. prop.,	éth. carb.,	éth. oxal.,	chlor. de but.
$d =$	2,26	2,60	2,79	3,01	3,03

et en multipliant toutes ces densités par la fraction

$$\frac{2,26}{30}$$

(parce que l'éther est composé de 30 atomes), ces densités deviennent :

30	34,5	37,0	39,9	40,2

[1] a = poids atomique, $H_2 = 1$; 0,0346 = la moitié de la densité de l'hydrogène, l'air = 1.

tandis que les nombres d'atomes de C, de H et de O sont respectivement :

30 34 36 40 $(24+2y)$

19. Pour le chlorure de butylène, on a 24 atomes de carbone et d'hydrogène; restent donc 16,2 atomes pour Cl_2; dans un mémoire antérieur[1] j'ai tâché de démontrer que le chlore est composé de 8 atomes; j'ai rapporté une vingtaine d'exemples de corps, contenant du chlore, dont les densités de vapeur s'accordaient avec cette manière de voir; j'aurais pu facilement doubler et tripler ce nombre, mais je n'ai pas cru cela nécessaire,

20. Voici deux autres corps montrant les mêmes phénomènes :

	Éther méthyl-benzoïque $C_{16}H_{16}O_4$	Éther méthyl-salicylique $C_{16}H_{16}O_6$
Points d'ébullition	198°,8	222°
Densités de vapeur (l'air = 1)	2,72	2,90
Densités de vapeur (l'éther = 30).......	36,1	38,5
Nombres d'atomes de C, de H et de O	36	38
Volumes liquides aux points *s*	149,9	156,6
Volumes réduits	86,7	86,4

21. D'après mes vues, les deux volumes réduits du § 20 devraient être égaux aux cinq volumes réduits du paragraphe 16; je crois qu'on peut attribuer les différences *à l'action des forces moléculaires.*

Les 7 corps des §§ 16 et 20 sont respectivement les cinquièmes corps de leur série :

[1] Voyez *Archives*, 1863, t. XVII, p. 5.

L'idée des séries homologues nous mène nécessairement à l'idée de *corps premiers*, base de la série, auxquels viennent s'ajouter $C_2 H_4$; $C_4 H_8$, etc.

En soustrayant $C_8 H_{16}$ des deux corps du § 20, on obtient pour corps premiers $C_8 O_4$, et $C_8 O_6$.

22. Les corps C_p, H_q, O_r sont composés de *p* atomes de carbone et de *r* atomes d'oxygène, corps très-lourds comparativement aux *q* atomes d'hydrogène, corps qui est si léger. Peut-être le volume réduit des deux corps du § 20 est-il plus petit que le volume réduit des cinq corps du § 16, parce que l'élément léger y est en moindre quantité et que les éléments lourds y dominent ; si les métaux sont des corps composés, comme cela me semble probable d'après mes recherches relatives aux propriétés physiques des corps, il serait possible que la grande concentration des volumes (de la plupart d'entre eux) fût liée à l'absence plus ou moins complète d'hydrogène.

23. On trouve en général que l'égalité des volumes réduits pour des corps différents, se montre d'autant plus que les formules chimiques se ressemblent davantage.

24. Pour les groupes suivants on ne peut prendre, pour trouver le rapport des densités avec les nombres *p*, *q* et *r*, la densité de l'éther = 30.

Je calculerai les densités pour ces groupes (en vapeur à $0^m,76$ et aux points d'ébullition) en employant la densité de la vapeur (l'air = 1) du premier corps du groupe et le nombre de ses atomes.

25.

	Acide acétique anhydre $C_8H_{12}O_6$	Éther méthyl-oxalique $C_8H_{12}O_8$
Points d'ébullition	137,4	162,2
Densités de vapeur, l'air = 1	2,35	2,56
Rapport des densités	26	28,3
Nombres d'atomes	26	28
Volumes liquides à *s*	110	116,3
Volumes réduits	73,1	72,9

26.

	Éther valérianique $C_{14}H_{28}O_4$	Éther succinique $C_{16}H_{28}O_8$
Points d'ébullition	132,3	215,1
Densités de vapeur, l'air = 1	3,03	3,37
Rapport des densités	46	51,1
Nombres d'atomes	46	52
Volumes liquides à *s*	174	209
Volumes réduits	117,2	116,9

27.

	Éther méthyl-acétique $C_6H_{12}O_4$	Bisulfure de méthyle $C_4H_{12}S_4$
Points d'ébullition	55,3	114,5
Densités de vapeur, l'air = 1	2,13	2,29
Rapport des densités	22	23,7
Nombres d'atomes	22	16 + 4 *x*
Volumes liquides à *s*	85,1	100,6
Volumes réduits	70,7	70,8

Il résulte

x = nombre d'atomes du soufre $= \frac{7,7}{4} = 1,92$

28. Le soufre est composé de 2 atomes de corps inconnus; j'ai conclu cela des calculs rapportés dans le tableau suivant.

Les 21 corps de ce tableau appartiennent tous à des séries homologues complètes.

L'on sait que les alcools (mercaptans) et les éthers sulfurés isomères ont les mêmes points d'ébullition, ce qui n'a pas lieu pour les corps correspondants, qui contiennent au lieu de soufre de l'oxygène.

La densité des vapeurs *d* est exprimée en vapeur d'eau à 100°=6 ; quant à cette circonstance et aux *déviations*, je renvoie aux détails que j'ai donnés dans mon mémoire antérieur.

Noms des corps. Formules. Points d'ébullition.	Dévia-tion.	s	d	d. dév.	eq. S
Acide sulfhydrique $H_4 S_2$ — 61°,8 Regnault..	$\sqrt{\frac{1}{5}}$	--61°,8	20,0	8,95	2,47
Méthyl mercaptan $C_2 H_8 S_2$ 21 Regnault......	$\sqrt{\frac{2}{5}}$	21	20,30	12 84	1,42
Sulfure de méthyle éthyl-mercaptan $C_4 H_{12} S_2$ 36° Liebig 41 Regnault.......	$\sqrt{\frac{3}{5}}$	38,5	24,74	19,16	1,58
Bisulfure de méthyle $C_4 H_{12} S_4$ 112.1 Pierre 117 Cahours......	$\sqrt{\frac{3}{5}}$	114,5	30,09	23,31	1.83
Sulfite d'oxyde de méthyle $C_4 H_{12} O_6 S_2$ 121,5 Carius......	$\sqrt{\frac{3}{5}}$	121,5	34,66	26,85	2,42
Sulfocarbonate d'oxyde de méthyle $C_6 H_{12} O_2 S_4$ 154 Zeise 170 Regnault	$\sqrt{\frac{3}{5}}$	162	34,24	26,52	1,63

Noms des corps. Formules. Points d'ébullition.	Déviation.	s	d	d. dév.	eq. S
Sulfocarbonate de sulfure de méthyle $C_6H_{12}S_6$ 204 Regnault	$\sqrt{\frac{3}{5}}$	204°	35,97	27,86	1,64
Sulfate d'oxyde de méthyle $C_4H_{12}O_8S_2$ 188 Regnault	$\sqrt{\frac{3}{5}}$	188	33,98	26,32	1,16
Produit de substitution de l'acide acétique anhydre $C_8H_{12}O_4S_2$ 121 Kekulé	$\sqrt{\frac{3}{5}}$	121	37,23	28,84	2,42
Sulfure méthyl-éthylique $\left.\begin{matrix}C_4H_{10}\\C_2H_6\end{matrix}\right\}S_2$ 59,1 Carius	$\sqrt{\frac{4}{5}}$	59,1	28,45	25,45	1,72
Sufite d'oxyde de méthyle et d'éthyle $\left.\begin{matrix}C_4H_{10}O_2\\C_2H_6O_2\end{matrix}\right\}S_2O_4$ 140,7 Carius	$\sqrt{\frac{4}{5}}$	140,7	37,26	33,33	2,66
Sulfocarbonate d'oxyde de méthyle et d'éthyle $\left.\begin{matrix}C_4H_{10}O_2\\C_2H_6O_2\end{matrix}\right\}C_2S_4$ 179 Chancel	$\sqrt{\frac{4}{5}}$	179	37,41	33,36	1,86
Sulfure d'éthyle butylmercaptan $C_8H_{20}S_2$ 91 Pierre 73 Regnault 88 Wurtz	$\sqrt{\frac{5}{5}}$	184	31,34	31,34	1,67
Bisulfure d'éthyle $C_8H_{20}O_6S_4$ 151 Regnault	$\sqrt{\frac{5}{5}}$	51	35,77	35,77	1,94

Noms des corps. Formules. Points d'ébullition.	Déviation.	s	d	d. dév.	eq. S
Sulfite d'oxyde d'éthyle $C_8H_{20}O_6S_2$ 160,3 Pierre 160 Ebelmen....	$\frac{5}{5}$	160°,1	39,62	39,62	2,81
Sulfocarbonate d'oxyde d'éthyle $C_{10}H_{20}O_2S_4$ 200 Debus	$\frac{5}{5}$	200	39,43	39,43	1,86
Carbonate de sulfure d'éthyle $C_{10}H_{20}O_4S_2$ 161,5 Debus......	$\frac{5}{5}$	161,5	38,34	38,34	2,17
Sulfocarbonate de sulfure d'éthyle. $C_{10}H_{20}S_6$ 238,5 Debus	$\frac{5}{5}$	238,5	40,35	40,35	1,72
Sulfure d'allyle $C_{12}H_{20}S_2$ 140 Cahours et Hoffm.	$\frac{5}{5}$	140	24,30	24,30	1,15
Amyl-mercaptan $C_{10}H_{24}S_2$ 117 Krutsch 117,5 Erdmann 119,8 Kopp 125 Balard	$\frac{6}{5}$	119,8	32,92	36,07	1,03
Sulfure d'éthyle et d'amyle $\left.\begin{matrix}C_4H_{10}\\C_{10}H_{22}\end{matrix}\right\} S_2$ 132,7 Carius	$\frac{8}{5}$	131,7	40,46	51,17	2,58

La moyenne donne :

$$\frac{39,74}{21} = 1,89$$

pour le nombre d'atomes du soufre ; on peut s'attendre à

ce que la moyenne s'approchera de plus en plus de la valeur de 2, quand on pourra faire entrer dans le calcul un plus grand nombre de corps.

30. Voici encore un groupe de 3 corps remarquables :

	Chlorure d'éthyle. $C_4H_{10}Cl$.	Bromure d'éthyle. $C_4H_{10}Br$.	Jodure d'éthyle. $C_4H_{10}Io$.
Point d'ébullition	11,6	40,7	69,3
Densité de vapeur, l'air = 1	2,14	3,28	4,30
Rapport des densités......	22	33,7	44,2
Nombre d'atomes.........	14+8	14+v	14+w
Volumes liquides à s......	71,2	78,4	86,1
Volumes réduits.........	67,7	68,2	68,6

Il résulterait de ce calcul v= équivalent d'ébullition du brôme =19,7 et w= équivalent d'ébullition de l'iode 30,2 ; mais ces nombres devront être vérifiés par d'autres observations.

31. L'on sait que les produits de substitution, contenant du carbone et de l'hydrogène, avec de l'iode ou du brôme, sont sujets à se décomposer, quand ils sont chauffés jusqu'à leur point d'ébullition.

Pour cette cause beaucoup de points d'ébullition ne peuvent être employés dans les calculs.

Au lieu de prendre directement les points d'ébullition de ces corps, il vaudrait mieux observer la tension de leurs vapeurs à des températures inférieures et calculer ensuite leurs points d'ébullition par la formule[1]:

$$\frac{273 + s}{273 + s_1} = \frac{273 + t}{273 + t'}$$

[1] Voyez *Archives*, 1863, t. XVII, p. 40.

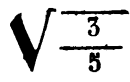
32. L'application suivante de cette formule me semble présenter quelque intérêt :

L'on considère ordinairement les deux corps isomères $C_4 H_8 Cl_2$, chlorure d'éthyle monochloruré et liqueur des Hollandais, comme ayant des propriétés physiques différentes ; ainsi les points de l'ébullition *paraissent* différer d'environ 20 degrés. Le chlorure bout à 64° et la liqueur des Hollandais à 84°.

Cependant Despretz a observé pour la liqueur des Hollandais la tension de 55,8 millimètres correspondant à la température $t'=12°,17$; pour l'eau on a $t=40°,33$; en mettant ces valeurs dans la formule du § 31 (avec $s=100$) on trouve $s=66,5$.

On peut donc attribuer la différence des températures correspondantes à la tension de $0^m,76$, à *l'action des forces moléculaire*.

33. Les tableaux suivants montrent les points d'ébullition calculés et observés du chlorure d'éthyle et de la liqueur des Hollandais et des produits de substitutions de ces deux corps. Pour le calcul j'ai admis que tous ces corps avaient la déviation de



$$\sqrt{\frac{3}{5}}$$

et que l'équivalent d'ébullition du chlore est $=8$.

Formules.	Noms des corps.	Points d'ébullition calculés.
$C_4 H_{12}$	Gaz méthyle..............	— 92°,4
$C^4 H_{10} Cl$	Chlorure d'éthyle	+ 9,4
$C_4 H_8 Cl_2$	Produit de substitution.......	67,5
$C_4 H_6 Cl_3$	» »	105,1
$C_4 H_4 Cl_4$	» »	131,5
$C_4 H_2 Cl_5$	» »	151,0
$C_4 Cl_6$	» »	166,0

Formules.	Noms des corps.	Points d'ébullition observés.	
$C_4 H_{10} Cl$	Chlorure d'éthyle..........	11°	Pierre.
$C_4 H_8 Cl_2$	Chlorure d'éthyle monochloré..	64,8	»
	Liqueur des Hollandais......	82 à 86	
$C_4 H_6 Cl_3$	Chlorure d'éthyle bichloré....	75	Regnault.
	Liqueur des H monochlorée..	115	»
$C_4 H_4 Cl_4$	Chlorure d'éthyle trichloré....	102	»
	Liqueur d. H bichlorée.....	135	»
$C_4 H_2 Cl_5$	Chlor. d'éthyle quadrichloré..	146	»
	Liqueur d. H. trichlorée.....	153	»
$C_4 Cl_6$	Sesquichlorure de carbone...	180	»

34. L'on voit que beaucoup de points d'ébullition observés s'approchent des points d'ébullition calculés; les différences semblent tenir à *l'action des forces moléculaires*.

35. J'entends par cette expression un peu vague :

Les forces moléculaires sont les lois inconnues, qui influent sur les propriétés physiques des corps et masquent plus ou moins par leur action l'effet des lois connues.

On voit cette action, entre autres cas, dans la densité anormale de la vapeur du soufre, déterminée entre 500° et 600°.

Rotterdam, 1er octobre 1864.

DE LA

TEMPÉRATURE DES COUCHES TERRESTRES

AU-DESSOUS DU SOL

PAR

M. BECQUEREL PÈRE.

L'activité scientifique de M. Becquerel père semble chez lui croître avec l'âge. Une édition nouvelle de ses *Éléments d'électro-chimie* enrichie de toutes les découvertes les plus récentes sur ce sujet, trois mémoires importants et détaillés sur la décomposition électro-chimique des composés insolubles, sur les moyens de prévenir les causes d'altération des navires cuirassés et sur la température des couches terrestres au-dessous du sol; voilà pour la seule année 1864 la contribution payée à la science par M. Becquerel; contribution large et précieuse, qui montre ce que peut une vie dévouée exclusivement à l'amour passionné et désintéressé de la science quand elle a pour auxiliaire une intelligence vive et féconde, et un désir sincère de chercher et de trouver la vérité.

C'est de celui des travaux de M. Becquerel qui a pour objet l'étude de la température des couches terrestres au-dessous du sol que nous voulons nous occuper aujourd'hui. Ce sujet a depuis longtemps attiré l'attention des physiciens qui s'en sont occupés sous le rapport de

l'observation, et même des mathématiciens, tels que Fourier et Poisson, qui ont envisagé la question au point de vue théorique. De toutes ces recherches on avait conclu qu'il existe à une certaine profondeur une couche invariable, c'est-à-dire dont la température est constante, mais dont la distance au sol varie avec la latitude, et qu'au-dessous de cette couche la température va en augmentant sur la même verticale, suivant un rapport qui varie avec la nature du terrain, sa conductibilité et d'autres causes, mais qui est en moyenne de 1° par 30 mètres.

M. Becquerel a repris la question en faisant usage du thermomètre électrique, et voici comment il s'exprime pour décrire son procédé d'observation et en justifier l'emploi :

« Le mode d'observation en usage pour avoir la température de la terre au-dessous de la couche invariable, qui consiste à descendre dans des puits forés des thermomètres à déversement placés dans des enveloppes de verre ou de métal hermétiquement fermées afin d'éviter les effets résultant de la pression extérieure, ne peut donner que la température des points où ils sont momentanément placés, c'est-à-dire du fond du puits foré; le sondage continue-t-il, il devient impossible de reprendre cette température, à cause du tubage métallique et du mouvement des eaux qui tendent à équilibrer les températures des parties supérieures du puits.

« On ne peut donc, avec les moyens actuels, étudier d'une manière continue la distribution de la chaleur dans les terrains qui ont été traversés par la sonde et reconnaître si, dans la suite des temps, la température de ces terrains n'a pas changé, non pas par suite d'un refroidissement graduel, d'une excessive lenteur, car, d'après les

calculs de Fourier, il ne peut s'élever, depuis son origine, au-dessus de $^1/_{57600}$ de degré (on a d'autres preuves que le refroidissement séculaire est insensible, je les ai rapportées au commencement de ce Mémoire), mais à raison de causes géologiques actuelles, telles que les infiltrations des eaux, les réactions chimiques, le voisinage de roches qui sont dans un état de refroidissement, etc., etc.; il peut donc s'opérer des variations de température qu'il est intéressant de connaître.

« Il n'est donc point question, je le répète, de rechercher si le refroidissement séculaire est sensible ou non, mon but a été de substituer au mode actuel d'observation un autre qui permît d'étudier avec suite, facilité et précision, toutes les questions qui se rattachent aux changements de température, à un dixième et même à un vingtième de degré près, qui peuvent avoir lieu par suite de causes agissantes actuelles, changements qui peuvent réagir plus ou moins sur la température du sol, sur celle de l'air, comme les observations de M. d'Aubrée le prouvent. J'arrive maintenant à la description de mon procédé, qui est précisément le même, à des différences près résultant des nouvelles conditions à remplir, que celui qui m'a servi dans les recherches sur la température des parties intérieures de l'homme, des animaux et des végétaux, et sur la température de l'air, depuis le sol jusqu'à une certaine hauteur au-dessus

« Le thermomètre électrique, réduit à la plus simple expression, est un circuit fermé, composé d'un fil de fer et d'un fil de cuivre soudés à leurs points de jonction et dans lequel se trouvent un galvanomètre gardant parfaitement le zéro, ou mieux encore un magnétomètre solidement établi, et divers accessoires tels qu'appareils pour

échauffer ou refroidir la soudure libre, un thermomètre, des lunettes, etc., sur lesquels nous reviendrons. Le principe à l'aide duquel on détermine les températures avec cet instrument est très-simple : toutes les fois que la température est la même aux deux soudures, il ne se produit pas de courant thermo-électrique, et l'aiguille aimantée du galvanomètre reste à zéro. Si donc la température n'est pas la même et que celle de l'une des deux soudures soit inconnue et placée dans un lieu où l'on ne peut l'observer avec un thermomètre, si l'on élève ou que l'on abaisse la température de l'autre soudure, qui est libre, jusqu'à ce que l'aiguille aimantée soit revenue à zéro, on sera certain alors que la température du milieu où est cette dernière et que l'on peut observer avec un thermomètre ordinaire très-exact, dont on vérifie fréquemment le zéro, et qui est divisé en dixièmes de degré, est la même que celle du lieu où se trouve l'autre soudure. Ce mode d'observation donne avec une très-grande exactitude la température cherchée, sans qu'il soit nécessaire de faire des corrections, comme on est obligé de le faire quand on observe avec des thermomètres à longues tiges.

« On conçoit, d'après cela, la possibilité de trouver la température de la terre à de grandes profondeurs au-dessous du sol, en donnant aux fils métalliques des diamètres suffisants pour que les courants thermo-électriques qui proviennent d'une électricité à faible tension puissent faire dévier l'aiguille aimantée de 5 à 10° au moins pour une différence de température de 1°; au-dessous de cette limite, il n'est pas possible de déterminer des températures à un dixième de degré près au minimum : l'appareil doit avoir assez de sensibilité pour

donner des vingtièmes de degré. Le galvanomètre dont on se sert doit garder parfaitement le zéro, sans quoi il est impossible de compter sur l'exactitude des résultats. Cette condition est remplie en soustrayant les deux aiguilles aimantées, dont l'une est extérieure et l'autre dans l'intérieur de la petite caisse, au rayonnement calorifique des objets voisins, lequel agit plus efficacement sur la première que sur la seconde. On y parvient en enveloppant l'appareil avec un manchon de carton, recouvert intérieurement et extérieurement d'une feuille d'étain et fermé par en haut avec un couvercle semblable et que l'on ouvre à l'instant de l'observation, en le refermant immédiatement après. Il vaut mieux placer, autant que possible, le galvanomètre ou le magnétomètre dans une pièce qui n'est pas exposée à la radiation solaire et dans laquelle les changements de température sont très-lents, afin que la température soit sensiblement constante pendant un certain laps de temps.

« Les changements de température modifiant l'élasticité du fil de soie qui suspend le système astatique des deux aiguilles aimantées, il en résulte que ce système ne garde pas le zéro. Il faut toujours avoir l'attention de vérifier le zéro avant et après l'observation, afin d'être bien certain qu'il n'a pas changé pendant le temps employé à la faire.

« Il y a trois choses à considérer quand il s'agit de trouver la température de la terre à des profondeurs plus ou moins grandes :

« 1° Le puits foré destiné à recevoir le câble composé de sept circuits mixtes, composés chacun d'un fil de fer et d'un fil de cuivre, l'un et l'autre suffisamment isolés et destinés à donner les températures de 5 mètres en 5

mètres, ou à des distances plus ou moins rapprochées si l'on veut ; 2° le câble, sa construction et sa descente ; 3° le galvanomètre et ses accessoires, ainsi que l'agencement de toutes ses parties et le mode d'observation. Je vais décrire chacune de ces parties et ensuite j'exposerai les résultats obtenus et les conséquences qui s'en déduisent. Je n'ai pu organiser ce mode nouveau d'observation qu'avec le concours d'artistes habiles qui m'ont aidé de leurs conseils et qui ont diminué les frais de construction et d'installation autant qu'il leur a été possible, afin que la dépense fût très-modérée; c'est ce qui a eu lieu. »

Du puits foré. L'administration du Muséum d'histoire naturelle avait mis à la disposition de M. Becquerel un puits abandonné revêtu en maçonnerie, qui traverse les carrières, et dont la profondeur était de 12^{m} 36 ; il y avait 1^{m} 36 d'eau ; c'est au fond de ce puits que M. Dru, ingénieur civil, successeur de M. Morlot, a commencé le sondage en tubant le trou, dont le diamètre avait d'abord 0^{m},21 ; aussitôt que l'on eut atteint l'argile plastique, le diamètre fut réduit à 0^{m},13. — Les sept soudures furent placées comme il suit :

La première à	36	mètres,	dans l'argile sableuse.
La deuxième à	31	—	dans l'argile sableuse.
La troisième à	26	—	dans l'argile sableuse et lignite.
La quatrième à	21	—	dans le calcaire.
La cinquième à	16	—	entre la marne verte chloritée et le calcaire dur.
La sixième à	11	—	dans l'ancien puits comblé avec une terre sableuse.
La septième à	6	—	*Idem*.

Un huitième câble indépendant du septième a été

posé, la soudure se trouvant à 1 mètre au-dessous du sol.

« *Câble électrique.* Je désigne ainsi la réunion de sept fils de cuivre et de sept fils de fer, soudés deux à deux sur une longueur de 3 centimètres, un fil de fer à un fil de cuivre. Le premier couple a 50 mètres de longueur ; le deuxième, 45 ; le troisième, 40, jusqu'au dernier, qui n'a plus que 20 mètres. Chaque fil est formé de sept autres fils, afin qu'il n'y ait pas d'interruption dans le cas où l'un d'eux viendrait à se briser avec le temps. Les sept fils de chaque groupe, étant réunis en un seul, formeraient un fil unique de 2 millimètres de diamètre. Chaque groupe de sept fils est entouré d'une couche de gutta-percha de 3 millimètres d'épaisseur enveloppée d'un ruban de coton goudronné. Les sept groupes de deux fils ou câbles partiels sont juxtaposés de la manière suivante : la première soudure est placée à l'extrémité du câble, qui occupe non le fond du puits foré, mais une position à $0^m,60$ au-dessus ; la seconde à 5 mètres au-dessus ; ainsi de suite jusqu'à la septième, qui se trouve à 6 mètres au-dessous du sol. Les sept groupes sont enroulés en torsade avec beaucoup de soin les uns sur les autres et le tout enveloppé de plusieurs bandes de toile de coton goudronnée. Le câble ainsi préparé a un diamètre de $0^m,035$, et possède assez d'élasticité pour être enroulé sur une poulie de $0^m,5$ de diamètre quand on veut le transporter. Ce câble a été fabriqué avec beaucoup d'intelligence et de soin dans les ateliers de MM. Rattier et Cie, sous la direction de M. Barbier, ingénieur, attaché à cet établissement. Chaque couple a été essayé séparément, pour être bien certain que les soudures étaient bien faites et donnaient les mêmes températures dans les mêmes con-

ditions que des thermomètres ordinaires placés à côté, sans quoi les déterminations de température n'eussent pas été comparables entre elles. Ce câble était inaltérable dans l'eau.

« *Descente et consolidation au câble dans le puits foré.* Cette opération, sur laquelle reposait le succès des observations, demandait une préparation préalable très-délicate, afin que le câble ne fût pas en contact avec l'eau et pût rester intact pendant un très-grand nombre d'années ; j'en ai chargé M. Dru, qui avait foré le puits, et auquel je dois des remercîments pour l'habileté et l'adresse avec lesquelles il s'en est acquitté. Le câble a été introduit dans un mât de sapin dur, de 11 centimètres de diamètre, disposé comme il suit : on a commencé par diviser ce mât en seize parties de 2 mètres de longueur, chacune d'elles a été sciée longitudinalement en deux parties égales, lesquelles ont été évidées au centre de manière à former un cylindre creux de 3 centimètres et demi, destiné à recevoir le câble ; l'intérieur et l'extérieur ont été goudronnés à chaud à diverses reprises. Le câble ayant été tendu verticalement au moyen d'un chevalet et d'une poulie ayant un diamètre convenable, on a commencé par renfermer la partie inférieure du câble dans l'intérieur d'une des portions de mât, mais de manière que l'une des parties ne fût recouverte que par la moitié de l'autre. L'intérieur avait été rempli d'étoupes goudronnées, afin qu'en rapprochant les parties qui étaient jointives, le câble fût pressé fortement ; des vis en cuivre et des anneaux de même métal, de $0^{m},075$ de largeur, fixés également avec des vis, tenaient jointes toutes les parties. Les anneaux de cuivre masquaient les jointures transversales. Les fentes furent calfatées à la manière des vaisseaux, et le tout recouvert

d'une forte couche de goudron appliquée bouillant. Cette opération faite, on descendait 1^{m},5 du câble, et on en préparait une autre portion comme je viens de le dire, de sorte qu'une des portions du mât était solidement reliée à la portion suivante: ainsi de suite, jusqu'à la fin. Les portions avaient été tellement bien travaillées et ajustées, qu'on avait un mât très-droit de 11 centimètres de diamètre et de 36 mètres de longueur, sans la couche de goudron; ce mât a été descendu dans le tube de fer de 13 centimètres de diamètre, sans éprouver le moindre frottement. La première soudure, la soudure inférieure, était placée dans un bout de mât évidé intérieurement et non fendu longitudinalement. A l'extrémité inférieure de ce bout avait été adaptée une pièce en fer, tournée en tire-bouchon, pour que le mât pût être fixé dans l'argile au moyen du poids du mât. Avec toutes ces précautions, on pouvait considérer ce mât comme devant être étanche, c'est-à-dire ne pouvant pas être pénétré par l'eau, mais on ne s'en est pas tenu là, comme on va le voir; on a descendu dans le puits, au-dessus du trou foré, une caisse en bois de sapin, ayant une section carrée de 25 centimètres de côté, et au milieu de laquelle s'est trouvé placé le mât. Cette caisse, qui avait 11^{m},2 de long, était destinée à empêcher la terre de tomber dans le puits foré, ou du moins dans l'espace compris entre le puits et la paroi de ce trou, quand on a comblé le puits de l'administration. Le tube en fer introduit pour l'opération du sondage a été retiré, non sans quelque difficulté, à cause de la pression exercée par l'argile plastique, qui, se tassant peu à peu, a exigé l'emploi d'un cric. Ce tassement a été cause que le mât lui-même a été soumis à une forte pression, qui a dû faire remonter

l'eau, de sorte que le mât et par suite le câble ont été là dans la même situation que s'ils eussent été introduits directement dans l'argile, sur une longueur de 12m57.

« Le puits, en dehors de la caisse, ayant été comblé avec du sable terreux, on a coulé dans la caisse, qui était plongée dans l'eau sur une hauteur de 1m,36, du béton de Portland très-liquide, qui a dû s'introduire jusqu'à l'argile, dans l'intervalle compris entre le mât et la paroi du puits foré. Après avoir introduit ainsi 700 kilogrammes de béton, douze heures après, le béton étant encore pâteux, on a jeté dans la caisse du sable fin, jusqu'à ce que tout devînt solide; après quoi on a versé dans la caisse, au-dessus de la partie solidifiée, 200 kilogrammes de béton gâché liquide, qui ont pris assez promptement, jusqu'à 1 mètre en contre-bas du sol. On a couché et enterré ensuite dans une fosse de même profondeur le câble, renfermé dans des tuyaux de grès, dont les joints ont été cimentés avec du plâtre; après quoi on l'a fait passer verticalement dans d'autres tuyaux de grès, de 15 centimètres, également cimentés, et appliqués sur la face sud-est d'un mur, afin de l'introduire, au travers du mur, dans la pièce où étaient disposés, sur des tablettes scellées dans le mur, le galvanomètre et le magnétomètre, le réfrigérant et son soufflet, et tous les accessoires indispensables aux observations.

« Dans le but de faciliter les observations, les divers couples qui composent le câble ainsi que le câble indépendant ont été séparés sur une longueur de plusieurs décimètres, les fils de cuivre et de fer de chaque couple disposés comme il suit : au moyen de vis de pression, seize pinces, huit en cuivre, huit en fer, ont été fixées sur une tablette; dans chacune d'elles on a pratiqué des

ouvertures, dont l'une est destinée à recevoir le bout du fil de cuivre, ou de fer, d'un des couples du câble, et l'autre extrémité du fil de même métal appartenant au couple dont la soudure est placée dans l'appareil réfrigérant ou l'appareil échauffant. Le galvanomètre ou le magnétomètre est introduit dans le circuit au moyen de fils adjonctifs en cuivre et de pinces portatives recouvertes de gutta-percha, pour éviter l'échauffement de la main quand on les touche. La tablette est scellée dans le mur près du réfrigérant; l'appareil réfrigérant ou échauffant se compose d'un tube de verre de 0m,6 au moins de diamètre, rempli à moitié de mercure et dans lequel on introduit la soudure libre et le thermomètre divisé en dixièmes de degré. Ce tube plonge lui-même dans une éprouvette remplie d'éther, que l'on vaporise en y insufflant de l'air au moyen d'une soufflerie quand il s'agit de la refroidir, ou qu'on le chauffe lorsque l'on veut élever la température de la soudure; la température de la main suffit dans la plupart des cas. Pour maintenir longtemps le zéro, il faut que la colonne de mercure s'élève dans l'éprouvette jusque vers le degré que l'on observe, et que l'éprouvette soit remplie d'éther jusqu'au niveau du mercure.

« Je dois indiquer les précautions à prendre, dans les observations, pour avoir des déterminations exactes. Le principe général du procédé est d'introduire, comme on l'a déjà dit, dans un circuit composé d'un fil de cuivre et d'un fil de fer, ayant par conséquent deux soudures, un galvanomètre gardant parfaitement le zéro, ou bien un magnétomètre, condition indispensable, car si, dans le cours d'une observation, il venait à changer, la température observée serait fausse. Il faut en outre avoir l'at-

tention d'élever le mercure à une température ne différant que de un degré environ et même moins de celle que l'on veut déterminer, afin que la déviation de l'aiguille aimantée soit la plus faible possible, condition nécessaire pour que l'aiguille aimantée revienne à zéro. En opérant ainsi, le fil de soie éprouve une faible torsion; et son élasticité est moins modifiée. L'une des soudures étant dans le lieu dont on veut avoir la température et l'autre dans le tube rempli de mercure dont on élève ou l'on abaisse la température selon qu'elle est plus basse ou plus élevée que celle que l'on cherche, on conçoit que le thermomètre qui plonge dans le mercure, ne s'échauffant et ne refroidissant pas aussi vite que la soudure, il est indispensable de maintenir pendant une minute environ l'aiguille aimantée au zéro, pour que l'équilibre de température puisse s'établir. On y parvient, comme je l'ai dit plus haut, en opérant avec de grandes masses de mercure et d'éther, pour qu'un refroidissement ou un échauffement graduel soit très-lent. Pendant l'échauffement ou le refroidissement, il faut remuer continuellement avec un agitateur le mercure pour établir l'équilibre de température dans toutes les parties.

Je dois signaler un moyen de contrôle direct quand on suppose que deux couches terrestres, où il y a deux soudures, ont la même température. On réunit les deux circuits correspondant à ces soudures en un seul, en dirigeant les deux courants en sens inverse et y plaçant le galvanomètre. Il faut, pour cela, mettre en communication les deux extrémités libres des fils de fer et mettre en relation les deux extrémités libres des fils de cuivre avec le galvanomètre. Les deux courants thermo-électriques, étant dirigés en sens inverse, se détruisent s'ils sont

égaux, et alors l'aiguille aimantée reste à zéro; s'ils ne le sont, la déviation peut servir à trouver la différence entre les deux températures. »

Venons-en maintenant aux observations. Remarquons d'abord que, avant de descendre le câble dans le puits foré, on a mesuré la température de l'eau à 36 mètres au fond et à 18 mètres, avec plusieurs thermomètres à maxima, soit à déversement, soit d'une autre espèce; thermomètres qui ont tous été renfermés dans des enveloppes de verre scellées pour éviter les erreurs résultant de la compression. Ces divers thermomètres ont donné pour la température de l'eau à 36 mètres au fond du puits: 12°,29 en moyenne, et pour la température à 18 métres 11°,89. Le thermomètre électrique, quinze jours après la descente du câble, a donné des résultats qui ont montré que la température de l'argile plastique à 36 mètres au-dessous du sol, et non celle de l'eau provenant de la formation calcaire au moment de l'observation, est de 12°,50 environ, et supérieure seulement de 0°,21 à celle de l'eau mesurée à la même profondeur avec les thermomètres à maxima peu après la cessation des travaux de sondage. A 26 mètres on trouve encore 12°,50, de sorte qu'on peut admettre que de 26 mètres à 36 la température est constante.

De 21 mètres à 16, dans les marnes calcaires soit le calcaire, la température est également constante, et égale à 12°,20; elle a donc augmenté de 0°,3 en passant du calcaire dans l'argile plastique.

Les couches de terrain supérieures participent plus ou moins des variations annuelles ou mensuelles de l'air à la surface du sol. On a trouvé à 11 mètres, 13° et à 6 mètres environ 11°,77. La température de 26 mètres

à 36 mètres paraît constante, sans aucun doute, dans le moment actuel, mais on ne connaît pas toute l'épaisseur de la couche par laquelle elle reste à 12°,50, puisque le sondage n'a pas été poussé au delà de 36 mètres. Tandis qu'à 28 mètres dans l'argile plastique au Jardin des plantes la température est de 12°,50, celle du calcaire ou du moins celle de l'air dans les caves de l'Observatoire, à la même profondeur, n'est que de 11°,70 ; ce qui établit une différence de 0°,80 en faveur de l'argile plastique.

Dans une autre localité où la formation calcaire a plus d'épaisseur, la couche invariable ne s'y trouve plus à la même profondeur.

On voit par ces exemples ainsi que par d'autres encore cités par M. Becquerel, que, sans sortir du bassin tertiaire de Paris, la couche invariable n'est pas partout à la même profondeur, et qu'il est possible de déterminer rigoureusement la marche de la propagation de la chaleur dans les couches inférieures du sol et la position exacte de la couche invariable.

Il serait intéressant de savoir si, au-dessous de la couche invariable, la nature des terrains, l'infiltration des eaux et d'autres causes encore, influent sur la distribution de la chaleur dans les couches terrestres et quelles sont les modifications que cette distribution éprouve avec le temps; si tant est qu'elle en éprouve ; il serait donc à désirer que le nouveau mode d'observation, imaginé par M. Becquerel, qui donne les températures à moins de $^1/_{10}$ème de degré près, pût être exécuté jusqu'à 100 ou 200 mètres de profondeur. Malheureusement il est très-dispendieux et il est peu probable que l'on rencontre souvent

sous ce rapport les facilités qu'a trouvées M. Becquerel, grâce à sa position scientifique et à l'honorabilité de son caractère. Remercions-le, en terminant, d'avoir su faire tourner au profit de la science les faveurs méritées dont il a été l'objet.

SUR
LES ELLIPSOIDES D'EFFLORESCENCE
DES CRISTAUX HYDRATÉS [1]

PAR

M. CARL PAPE.

(Analyse.)

Tous les physiciens le savent, de Sénarmont avait, à la suite de ses études sur la conductibilité des cristaux pour la chaleur, été amené aux conclusions suivantes :

1° Dans les cristaux appartenant au système régulier, la conductibilité est égale en tous sens, et les surfaces isothermes sont des sphères.

2° Dans tous les milieux constitués comme les cristaux du système rhomboédrique, les conductibilités sont tellement distribuées autour d'un point, qu'en y supposant un centre d'échauffement et le milieu indéfini en tous sens, les surfaces isothermes seraient des ellipsoïdes concentriques de révolution autour de l'axe de symétrie.

3° Dans les milieux comme les cristaux à deux axes optiques, les conductibilités sont tellement distribuées autour d'un point, qu'en y supposant un centre d'échauffement et le milieu indéfini en tous sens, les surfaces iso-

[1] *Poggendorff's Annalen*, t. CXXIV, p. 329, mars 1865.

thermes seraient des ellipsoïdes concentriques à trois axes inégaux.

4° Les diamètres principaux de ces surfaces isothermes coïncident avec les axes de cristallisation, quand ceux-ci sont en même temps des axes de symétrie.

M. C. Pape a étudié la manière dont l'efflorescence se propage dans les cristaux des divers systèmes, et il est arrivé à des résultats qui montrent que cette propagation s'effectue d'une manière tout à fait analogue à celle de la chaleur formulée ci-dessus. Voici l'analyse du mémoire de ce physicien.

Lorsque des cristaux hydratés s'effleurissent, soit spontanément à la température ordinaire, soit par une application artificielle de la chaleur, l'efflorescence commence d'abord par des points isolés sur les faces cristallographiques et se répand de proche en proche sur toute la surface et dans l'intérieur des cristaux. Ces taches d'efflorescence ont une forme symétrique, en général elliptique, dont les axes sont orientés de manière à coïncider avec les directions cristallographiques principales. La grandeur absolue des taches parallèles est variable sur chaque face, mais la mesure des deux dimensions principales se coupant à angles droits a montré que leur rapport est une constante pour une même face ; par contre, pour des faces de signes différents cette constante a une valeur différente.

Les premières observations de l'auteur ont porté sur des cristaux de sulfate de cuivre qui appartiennent, comme on le sait, au sixième système cristallin ; il les a étendues ensuite à plusieurs substances de formes différentes.

La régularité reconnue dans les taches montre bien

que l'eau s'échappe plus facilement suivant certaines directions et plus difficilement suivant d'autres. Si nous supposons que l'efflorescence puisse commencer à partir d'un point intérieur du cristal, la masse effleurie devra, à un moment donné, être circonscrite par une surface ordonnée avec symétrie, dont le point central sera le point primitif d'efflorescence et les dimensions principales en coïncidence avec la direction des axes cristallographiques ; d'après cela, les taches pourront être considérées comme des coupes de cette surface par les faces qu'elle rencontre et la nature de celle-ci se déduira de la forme de la tache d'efflorescence observée.

Tout dans le phénomène qui nous occupe : la direction et l'extension régulières des taches, etc., rend très-vraisemblable l'existence d'une telle surface, et des considérations tirées de la conductibilité des minéraux pour la chaleur conduisent à lui assigner la forme d'un ellipsoïde. Dans cette manière de voir les taches d'efflorescence doivent être elliptiques, sauf dans le cas où elles correspondent à une coupe circulaire de l'ellipsoïde.

Dans les cristaux appartenant au système régulier dont tous les axes sont égaux, la surface sera une sphère et sur toutes les faces possibles on observera des taches rondes.

Dans les cristaux des systèmes quadratique ou hexagonal doués d'un axe principal différent des autres, la surface sera un ellipsoïde de révolution ; les taches observées sur les faces parallèles à l'axe principal ou inclinées sur celui-ci auront la forme elliptique, tandis qu'elles seront rondes sur la base du prisme. Les faits ont confirmé cette manière de voir. Ainsi, l'alun de chrome qui est régulier a montré des cercles sur les faces

du dodécaèdre et de l'octaèdre aussi bien que sur celles du cube. Le cyanoferrure de potassium (prussiate jaune de potasse) en octaèdres carrés basés montre des ellipses sur les faces de l'octaèdre et des cercles sur la base.

Le sulfate de zinc dérivé d'un prisme rhomboïdal droit donne des ellipses sur l'octaèdre rhomboïdal, le prisme rhomboïdal et les faces du prisme rectangulaire qui lui correspond ; l'hyposulfate de soude, dont la forme appartient au même système, se comporte d'une manière toute semblable.

Le phénomène s'observe avec les plus grandes analogies dans les cristaux en prisme oblique ou doublement oblique des sulfates de soude, de protoxyde de fer, de cuivre et de l'hyposulfite de soude. La complication de leurs systèmes ne permet pas de tirer pour ces cristaux des conclusions aussi nettes et aussi simples touchant la nature de la surface d'efflorescence et la situation de ses axes par rapport aux axes cristallographiques. Il paraîtrait toutefois qu'il n'existe pas chez eux une relation simple entre la direction et la forme des taches et les axes obliques, auxquels on a coutume de rapporter les deux derniers systèmes. M. Pape entre à cet égard dans de longs développements qui portent principalement sur le cas du sulfate ferreux et dont nous supprimerons ici l'analyse, fort difficile à faire d'ailleurs en quelques lignes.

Comme on l'a dit plus haut, l'expérience a montré que la surface d'efflorescence des cristaux du deuxième système est un ellipsoïde de révolution ; on pouvait s'attendre, d'après cela, à ce qu'il en serait de même pour ceux du système hexagonal. Cependant l'hyposulfite de plomb, par exemple, dont les axes cristallographiques ont des longueurs très-différentes, a montré des cercles très-nets

sur la base, sur les faces du rhomboèdre primitif et sur celles du premier rhomboèdre obtus; la surface d'efflorescence doit donc être ici une sphère. L'examen des figures d'efflorescences d'autres substances rhomboèdriques montrera ce qu'il peut y avoir de général dans cette similitude entre la structure intime des cristaux hexagonaux et celle de cristaux dérivant du cube.....

L'auteur pense que les relations qu'il vient de signaler entre la forme d'une substance et la manière dont elle s'effleurit sont beaucoup plus générales qu'il ne paraît de prime abord; toute action chimique sur des cristaux est probablement soumise quant à son intensité et à sa direction, à des lois qui sont en dépendance directe avec la forme cristalline. Les observations si intéressantes de Leydolt sur l'attaque du quartz et d'autres minéraux corroborent cette manière de voir.

M. D.

BULLETIN SCIENTIFIQUE.

PHYSIQUE.

LERMOYEZ. SUR LES PHÉNOMÈNES QUI ONT PRÉCÉDÉ ET ACCOMPAGNÉ L'ORAGE DU 7 MAI 1865 (*Compt. rend. de l'Ac. des Sc.* du 15 mai 1865.)

Dans la séance du 15 mai, M. le général Morin a communiqué à l'Académie des Sciences un rapport fort intéressant de M. Lermoyez sur un orage qui a éclaté le 7 mai dans la vllée de l'Escaut. Ce violent orage s'est manifesté à la suite d'une sécheresse de six semaines et de chaleurs tout à fait insolites pour la saison. Quelques jours auparavant la température était brûlante, le vent variait du sud-est au sud-ouest et plusieurs fois des orages avaient paru se former et s'étaient dissipés sans pluie. Le 7 au matin l'air était plus frais, le baromètre remontait, un vent du nord-est chassait devant lui avec une grande rapidité de légers nuages ; mais au-dessus de ce vent on en remarquait un autre beaucoup plus élevé, venant du sud-ouest et chariant lentement des nuées floconneuses qui s'épaissirent vers midi. A 3 heures de gros nuages formant des couches superposées se montrèrent au sud-ouest et bientôt le tonnerre se fit entendre. Au-dessus de leur masse se dressait un épais cúmulus, d'un blanc livide dans lequel se produisait un petillement continu d'éclairs ; en descendant, plusieurs couches de nuées de teintes sombres, s'approchant du sol, formaient une large base à cette sorte de pyramide. Le roulemant du tonnerre était continu, mais sans fracas, un fourmillement non interrompu d'éclairs engendrait une crépitation sans intermittence et les explosions semblaient se concentrer

dans l'intérieur de la plus forte nuée. Les habitants du pays reconnurent tout de suite à ce signe la présence de la grêle.

La chute de la grêle et de la pluie commença vers 4 heures 30 minutes et elle dura pendant 20 minutes avec accompagnement de formidables tourbillons de vent. La circonstance la plus extraordinaire est l'incalculable quantité de grêle qui est tombée. Entre autres faits qui le prouvent, M. Lermoyez a constaté, le lendemain matin, que le dépôt de grêle, s'étendant sur une longueur de 462 mètres, et une largeur moyenne de 20 mètres, présentait en certains points une hauteur qui dépassait 5 mètres ; il formait ainsi un volume de plus de 40,000 mètres cubes tellement compacte que l'eau d'amont bien qu'élevée de $0^{m},60$ au-dessus de l'eau d'aval, n'a pas baissé de 1 millim en 24 heures. Ce dépôt constituait un véritable glacier sur lequel on pouvait marcher sans le moindre danger. Quand on y eut pratiqué une tranchée pour y établir des chasses qui devaient l'emporter, il se détachait par masses considérables qui flottaient dans l'eau comme des banquises. Plus bas le terrain a été couvert sur 2 kilomètres de longueur et 200 mèt. de largeur de plus de 600,000 mètres cubes de grêlons qui, le 13 mai, c'est-à-dire six jours après, n'avaient pas encore disparu. Ce banc immense ne forme que l'excédant de grêle que les eaux n'ont pu entraîner dans l'Escaut et qui s'est trouvé arrêté par les arbres, les haies, les digues et les maisons.

Quoiqu'il soit impossible d'admettre que cette immense accumulation de grêle provienne uniquement de celle qui est tombée sur la place même où l'observation a été faite et que très probablement il est venu des lieux circonvoisins des grêlons charriés par l'eau, il n'en est pas moins avéré que jamais chute de grêle aussi abondante n'a été signalée.

Deux remarques importantes peuvent aider à trouver l'explication de ce fait exceptionnel : l'une, c'est la persistance avec laquelle, pendant les jours qui ont précédé, a soufflé un vent du sud très-chaud et amenant probablement une masse considérable

de vapeurs aqueuses ; l'autre, c'est l'apparition simultanée, dès le matin du jour de l'orage, d'un vent du nord-est charriant des masses floconneuses de nuages Or ces deux vents, celui du sud-ouest dans les plaines, et celui du nord-est dans les régions plus élevées, ont persisté pendant toute la durée de l'orage. Il est bien probable que c'est la rencontre de ces deux vents, l'un chargé de nuages très-froids, composés par conséquent de particules neigeuses qui ont servi de noyaux aux grêlons, et l'autre amenant une quantité considérable de nuages chauds et épais, c'est-à-dire une masse d'eau énorme, qui a occasionné cette précipitation aqueuse si considérable sous forme de grêle.

Ajoutons que la crépitation continue d'étincelles électriques prouve la quantité considérable de l'électricité dont étaient chargées les vapeurs aqeuses amenées par le vent du sud.

A. D. L R.

Effet extraordinaire de la chute de la foudre.

Les journaux ont rapporté dernièrement le récit d'un accident très-extraordiuaire occasionné par le tonnerre. Le jeudi 25 mai, un violent orage éclata à Hamois, village situé sur les bords de l'Ourthe. Un jeune homme se trouvait aux champs avec un nombreux troupeau de brebis, lorsque les approches de l'orage le décidèrent à regagner le logis. Arrivé au sommet de la montagne dite le Gay-Vieux-Sarts, dans un chemin étroit et difficile, les moutons se formèrent en deux groupes distincts, les têtes serrées les unes contre les autres et refusèrent d'avancer. Le berger se mit à l'abri derrière un buisson et attendit. Son frère voyant qu'il ne venait pas, s'avançait à sa rencontre et n'en était plus éloigné que d'une vingtaine de mètres lorsqu'un formidable éclat de tonnerre se fit entendre. Jamais de mémoire d'homme on n'entendit pareille détonnation. Le berger venait d'être foudroyé avec tout son troupeau; il avait été lui-même atteint au sommet de la tête, tous ses cheveux étaient enlevés à partir du

la nuque et le fluide électrique avait tracé un sillon sur son front, sur son visage et sa poitrine.

Des 152 moutons dont se composait le troupeau, 126 environ furent tués. Ils étaient tous couverts de sang et leurs blessures étaient aussi variées que bizarres ; les uns avaient la tête tranchée, les autres la tête percée d'outre en outre, d'autres les jambes cassées et ainsi de suite.

La foudre est tombée comme une pluie de feu sur un espace de plus de 60 mètres de longueur et sur une largeur de 15 mètres environ ; berger et troupeau étaient comme enveloppés dans le fluide.

Un cas du même genre et présentant des proportions encore bien plus considérables, avait déjà été enregistré dans les fastes de la science [1] ; c'est celui rapporté par M. d'Abadie d'un troupeau de 2000 moutons tués en Éthiopie par un seul coup de foudre.

En général, il est bien connu que de nombreuses réunions d'hommes ou d'animaux en plein air peuvent augmenter le danger d'être frappé par la foudre, soit en agglomérant en un point donné une plus grande quantité de matière conductrice, soit surtout en déterminant par leur transpiration une colonne ascendante de vapeur dont l'effet est de conduire de préférence la décharge vers le lieu même d'où elle émane. Or dans le cas dont il s'agit il y avait une réunion de circonstances de nature à amener la chute de la foudre sur le troupeau et le berger, d'abord le fait que ce troupeau était composé de moutons qui, quand ils sont effrayés, se serrent extrêmement les uns contre les autres, ce qui doit augmenter le courant ascendant d'air chaud et humide, ensuite le fait que cette accumulation avait lieu sur un sommet élevé.

A la recommandation bien connue qu'il ne faut pas en temps d'orage chercher un abri sous un arbre, il est nécessaire d'en ajouter deux autres, à savoir d'éviter de se placer sur des lieux élevés,

[1] *Traité de l'électricité*, par M. A. DE LA RIVE, t. III, p. 151.

et de s'isoler autant que possible de tout être vivant. Rien, par exemple ne serait plus dangereux en temps d'orage qu'une troupe de soldats marchant en rangs serrés avec la bayonnette au bout de leurs fusils. A. de la R.

J. THOMSON. DIE POLARISATIONSBATTERIE... LA BATTERIE DE POLARISATION, NOUVEL APPAREIL POUR LA PRODUCTION CONTINUE DE COURANTS A HAUTE TENSION AU MOYEN D'UN SEUL ÉLÉMENT (*Pogg. Ann.* 1865, n° 3, p. 498)

La batterie de polarisation a pour objet de remplacer la pile ordinaire dans les applications où une force électro-motrice considérable est nécessaire. L'électricité est produite par un seul élément dont le courant, qui possède une grande intensité, mais une faible tension, se transforme en un courant de faible intensité, mais de haute tension.

Deux caisses rectangulaires faites d'une matière isolante sont divisées en une série de compartiments par des lames de platine parallèles entre elles ; chacune des caisses est divisée en 25 compartiments et contient par conséquent 26 lames de platine. Les deux caisses sont disposées à une certaine distance l'une de l'autre, et entre deux se trouve un double cylindre vertical fait également d'une substance isolante. Dans l'espace compris entre ces deux cylindres, des fils métalliques sont placés comme les rayons d'une roue par rapport à l'axe commun des deux cylindres. Ils sont placés régulièrement tout autour et il y en a 50.

Ces fils sont mis en communication avec les lames de platine des caisses, de telle sorte que deux fils consécutifs communiquent avec deux lames également consécutives. Sur l'un des cylindres se trouvent deux tiges métalliques horizontales, mobiles ensemble autour de l'axe vertical et disposées de façon à établir la communication entre deux fils quelconques consécutifs du double cylindre et deux pinces à vis fixes placées sur l'appareil. Enfin dans ces deux caisses, les deux lames extrêmes d'une des extré-

mités communiquent ensemble, tandis que les deux lames de l'autre extrémité aboutissent à deux autres pinces à vis qui constituent les pôles de la batterie.

Il est aisé de comprendre comment l'appareil fonctionne; on remplit les caisses d'eau acidulée, on joint aux poles d'un élément, les pinces auxquelles aboutissent les tiges métalliques horizontales, puis on donne à ces tiges un mouvement de rotation d'environ 25 tours par minute. A chaque instant le courant de l'élément passe par l'intermédiaire de deux fils consécutifs au travers de la lame d'eau comprise entre les deux lames correspondantes aux fils en question ; il a décomposition de l'eau et polarisation des lames. A cause de la rotation de l'appareil toutes les lames se polarisent ainsi successivement et dans le même sens. Il en résulte la formation d'une batterie qui a pour force électro-motrice, la somme de toutes celles de tous les éléments de polarisation, formés par ces lames prises deux à deux. La force électro-motrice de chaque compartiment est égale à 4,46 éléments Daniell. Il en résulte que la force totale de l'appareil, qui se compose de 52 compartiments, est de 73 éléments Daniell.

La grandeur de l'appareil dépend de l'objet qu'on se propose. Pour des batteries de télégraphe, il suffit de donner aux lames 20 à 25 centimètres carrés de section. Cet appareil est employé dans la station télégraphique de Copenhague, et a été patenté dans la plupart des pays de l'Europe.

CHIMIE.

M. Hebberling. Beitrag zur... Contributions a la connaissance analytique du thallium. (*Annalen der Chemie und Pharm.* t. CXXXIV, p. 11.)

L'auteur a déterminé l'équivalent du thallium, et cinq expériences très-concordantes lui ont donné en moyenne 203, 94

(H=1), ce qui se confond avec les résultats de M. Lamy et de M. Werther.

L'hydrogène sulfuré ne précipite pas une dissolution de protoxyde de thallium acidulée avec un acide fort ; le carbonate et et l'acétate donnent lieu avec ce réactif à un dépôt noir qui se rassemble facilement ; le sulfate et le chlorure ne subissent qu'une décomposition partielle. Fait-on passer un courant d'hydrogène sulfuré dans une dissolution de sulfate de thallium, pas trop étendue et ne renfermant qu'une trace d'acide en excès, il se précipite aussitôt du sulfure noir cristallin dont la quantité est plus ou moins grande suivant la proportion d'acide libre. Le sulfure forme de petites paillettes brillantes qui paraissent au microscope affecter la forme de tètraèdres simples ou màclés. Lavés avec certaines précautions et séchés dans le vide, ces cristaux peuvent se conserver quelque temps sans s'oxyder ; leur formule est Tl. S.

Les monosulfures d'ammonium et de potassium donnent aussi naissance à un dépôt soit rouge brun, soit noir.

Dans les dissolutions qui ne se sont pas trop étendues l'hyposhlfite de soude produit un précipité blanc soluble dans l'eau bouillante.

Le sulfite de soude, les alcalis libres ou carbonatés, le phosphate de soude, le cyanoferride et le cyanoferrure de potassium et le borax ne précipitent pas les sels thalleux.

Avec le chrômate et le bi-chrômate de potasse on a, au contraire, un dépôt assez facilement soluble.

D'après M. Hebberling, une partie de chlorure de thallium se dissout :

à	0°	10°	16°	100°	
dans	529	480	377	63	parties d'eau.

Cette solubilité est encore moindre dans l'acide chlorhydrique.

L'iodure de thallium exige 11676 fois son poids d'eau à 17° pour se dissoudre, et seulement 804 fois à 100° ; M. Werther avait trouvé 11954 parties a 20°.

En opérant à 19°, il a fallu 18934 parties d'alcool au titre de 98° centésimaux pour en dissoudre une d'iodure de thallium.

Dans la précipitation du thallium au moyen de l'iodure de potassium, un excès de réactif ne présente pas d'inconvénients. La solubilité du bromure est moindre que celle du chlorure.

Une partie de chloroplatinate thalleux est soluble à + 15° dans 15 à 16000 parties d'eau.

Le sesqui- et le tri-chlorure de thallium sont généralement précipités par tous les réactifs qui viennent d'être énumérés. L'action de l'iodure de potassium est accompagnée d'une élimination d'iode :

$$Tl^2\,Cl^3 + 3\,K\,I = 3\,K\,Cl + 2\,Tl\,I + I.$$
$$Tl\,Cl^3 + 3\,K\,I = 3\,K\,Cl + Tl\,I + 2\,I.$$

Le sesqui-chlorure est précipité seulement d'une manière partielle par le bi-chlorure de platine :

$$Tl^2\,Cl^3 + Pt\,Cl^2 = Tl\,Cl.\,Pt\,Cl^2 + Tl\,Cl^3.$$

M. D.

M. Lorin. Mode de réduction dans les liqueurs neutres. (*Comp. rend. Acad. des sciences*, t. 60, p. 745).

On est souvent appelé à opérer la réduction partielle de substances organiques par l'hydrogène naissant. Ce gaz est produit soit par l'action de l'acide sulfurique étendu sur le zinc, soit par la décomposition de l'eau au moyen de l'amalgame de sodium. L'acidité du milieu, dans le premier cas, ou son alcalinité dans le second, peut avoir des inconvénients auxquels remédie le nouveau procédé proposé par M. Lorin, et qui se fonde sur la propriété suivante : Un sel ammonique donne en général sous l'influence du zinc et de l'eau un dégagement d'hydrogène sensible déjà à la température ordinaire mais plus actif vers 40° et au-dessus. Les sels de méthylammine, d'éthylammine, d'aniline et de naphtylammine se comportent de même. La quantité d'hydrogéne produite paraît être fonction de l'équivalent de l'acide du sel. Ainsi 63 grammes (1 équiv.) de sulfate d'ammoniaque ont fourni plus de 12 litres (environ un équiv.) d'hydrogène.

L'action du fer se rapproche de celle du zinc, mais elle est moins intense.

Les meilleures conditions pour accélérer la production d'hydrogène sont le concours du zinc et du fer, de l'ammoniaque et d'un sel ammonique ; on peut ainsi obtenir un litre de gaz en quelques minutes et pour peu que l'on élève la température, la réaction devient tumultueuse.

Le nitrate d'ammoniaque jouit d'un mode de décomposition exceptionnel ; en solution aqueuse assez étendue, il donne du protoxyde d'azote, à 50° environ. M. D.

Dr Blondlot. Recherches sur le phosphore noir. (*Comp. rend. Acad. des sciences*, t. 60 p. 830.)

L'auteur s'est attaché à reproduire la variété noire de phosphore cristallisable découverte par Thénard ; et il y est constamment arrivé de la manière suivante :

Le phosphore ordinaire est distillé pour en séparer le phosphore rouge qu'il peut contenir ; le produit recueilli dans le récipient est distillé de nouveau après avoir été soumis à l'insolation dans des tubes de verre. On répète l'opération jusqu'à ce que le produit refroidi très-lentement passe subitement au noir. Ce changement s'effectue communément de la manière suivante : lorsque la température est descendue à 44° environ, le phosphore se solidifie en une masse blanche ; puis quand après plusieurs heures l'eau du réfrigérant n'est plus qu'à 5 ou 6°, tout à coup, dans l'espace d'une seconde, il devient d'un beau noir. Une fois obtenu, le phosphore noir peut être fondu et distillé impunément. A l'état liquide il est incolore pour redevenir noir par un refroidissement très-lent et quelquefois aussi par un refroidissement très-brusque.

L'auteur pense que le type normal du phosphore est la variété noire, beaucoup plus stable que la blanche qui n'est que transitoire. M. D.

D. GERNEZ. SUR LA CRISTALLISATION DES DISSOLUTIONS SALINES SURSATURÉES ET SUR LA PRÉSENCE NORMALE DU SULFATE DE SOUDE DANS L'AIR. (*Comp. rend. Acad. des sciences*, t. 60, p. 833 et 1027.)

Les chimistes qui ont étudié le phénomène de la cristallisation des dissolutions sursaturées, ont fait intervenir, comme explication, tantôt la vapeur d'eau, tantôt l'air atmosphérique, ou bien une matière inconnue, ou encore un état particulier des vases de verre, ou enfin une force catalytique. Un ensemble d'expériences nombreuses et très-concluantes, conduit M. Gernez à admettre que la cristallisation du sulfate de soude est déterminée par le contact d'une parcelle de sulfate de soude à 10 équivalents d'eau effleuri ou non. Voici du reste les conclusions de ce chimiste :

1° *La cristallisation de la solution sursaturée du sulfate de soude est déterminée par la chute d'un corps solide.*

Les poussières des laboratoires produisent cet effet d'autant plus rapidement que leur chute dans le liquide est rendue plus facile. L'air qui a traversé du coton ou de l'amiante ne fait plus cristalliser. Une dissolution peut demeurer dans cet état si elle est renfermée dans un ballon à col sinueux.

2° *Le corps solide qui détermine la cristallisation est soluble dans l'eau.* La poussière lavée et séchée ne produit plus la solidification. Une dissolution sursaturée est demeurée intacte après avoir été traversée par 1500 litres d'air qui avait été lavé à l'eau distillée, etc.

3° *Le corps solide qui détermine la cristallisation perd sa propriété sous l'influence de la chaleur.*

4° *L'air qui fait cristalliser contient du sulfate de soude.*

L'eau distillée qui avait lavé les 1500 litres d'air ci-dessus précipitait abondamment par le chlorure de baryum et montrait au spectroscope la raie du sodium avec une intensité remarquable. Les poussières déposées même hors du laboratoire, donnent des eaux de lavage qui se comportent de la même manière.

M. Gernez a cherché si d'autres substances produiraient le même effet que le sulfate de soude ; sur deux cent-vingt produits convenablement purifiés aucun n'a provoqué la cristallisation de la solution sursaturée.

Aux sels connus depuis Lœwig comme étant susceptibles de former des liqueurs sursaturées (sulfate, séléniate, acétate et carbonate de soude, sulfate de magnésie et alun de potasse), l'auteur ajoute les 20 suivants :

Phosphate, borate et hyposulfite de soude.

Arséniate de potasse.

Azotate, acétate, oxalate, phosphate et alun d'ammoniaque.

Sulfates ferreux, ferroso-ammonique, ammonico-magnésique, de zinc, zinco-magnésique, de cuivre, de glucine.

Azotate d'urane.

Bi-chlorure de cuivre.

Tartrate sodico-potassique.

Les dissolutions sursaturées de ces composés ont présenté les propriétés suivantes :

1° Elles cristallisent immédiatement au contact d'une parcelle infiniment petite de la matière dissoute ; la solidification est accompagnée d'un dégagement de chaleur quelquefois très-considérable.

2° A un certain degré de concentration, elles peuvent rester inaltérées à la température ordinaire si on a soin d'éviter les circonstances qui peuvent amener à la surface du liquide une parcelle de la matière dissoute.

3° Un certain nombre d'entr'elles abandonnent à la température ordinaire des cristaux d'un sel moins hydraté ; la plupart de ces dépôts sont transparents tant qu'ils sont baignés par la liqueur et deviennent progressivement blancs et opaques aussitôt que la solution sursaturée se prend en masse.

4° Lorsque ces substances ont été déshydratées, elles perdent la faculté de faire solidifier leur propre solution.

Les poussières de l'air pris dans diverses localités qui n'étaient

pas des laboratoires de chimie, ont été mises à agir sur quelques-unes des substances énumérées plus haut ; jusqu'ici elles paraissent ne faire cristalliser que le sulfate de soude et le nitrate d'ammoniaque.

M. Violette annonce avoir obtenu des résultats qui, dans ce que leurs recherches ont eu de commun, confirment ceux de M. Gernez [1]. M. D.

H. Debray. Sur les chlorures de tungstène. (*Compt. Rend. Acad. d. Sc.*, t. LX, p. 820.)

Je me suis occupé des chlorures de tungstène dans le but de déterminer la densité de leurs vapeurs. Cette étude m'a entraîné beaucoup plus loin que je ne pensais, et, quoiqu'elle ne soit pas encore complétement terminée, elle m'a néanmoins fourni déjà un certain nombre de résultats que je crois devoir signaler afin de prendre date pour mes recherches ultérieures.

I. Lorsqu'on fait passer un courant de chlore sec sur du tungstène chauffé au rouge sombre dans un tube de verre réfractaire on obtient des vapeurs d'un rouge intense qui se condensent en passant par l'état liquide en une masse de couleur gris foncé. Ce produit est un mélange de perchlorure de tungstène $W\,Cl^3$ et de sous-chlorure $W^2\,Cl^5$ ($W=92$, $Cl=35{,}5$). Il faut le distiller dans un courant de chlore pour obtenir le perchlorure de tungstène aussi pur que possible ; mais quoi qu'on fasse, on n obtient jamais ce produit absolument exempt de sous-chlorure. Toutefois la quantité de ce dernier corps est assez petite pour que la composition du corps n'en soit pas sensiblement altérée ; mais on peut avoir recours à des réactions très-nettes qui décèlent sa présence dans le perchlorure. Il suffit de dissoudre ce corps dans la potasse pour obtenir un dégagement d'hydrogène (2 à 3 centimètres cubes pour 4 à 5 grammes de matière) ; l'ammoniaque

[1] Même recueil, même vol., p. 831 et 973.

dissout également le perchlorure en donnant une liqueur jaune qui se trouble bientôt et se décolore en laissant déposer de l'oxyde brun de tungstène. Avec l'ammoniaque, il se dégage seulement une trace de gaz. Si l'on se contente seulement de mettre le perchlorure distillé dans le chlore en contact avec de l'eau, il s'altère lentement, se transforme d'abord en une matière blanche, puis en acide tungstique jaune, sans que l'on ait vu à aucun moment la production de l'oxyde bleu de tungstène qui correspond au chlorure $W^2 Cl^5$: c'est que la plus petite quantité d'oxygène dissoute dans l'eau suffit à transformer l'oxyde en acide tungstique.

Lorsqu'au contraire on met au contact de l'eau le chlorure non distillé dans le chlore, la décomposition peut être instantanée, et dans tous les cas on obtient de l'oxyde bleu de tungstène mélangé d'une proportion plus ou moins notable d'acide tungstique.

Le perchlorure de tungstène offre donc, comme l'acide sulfurique monohydraté, l'exemple d'un corps se décomposant d'une manière sensible à la température de son ébullition, en donnant un produit dont la composition, quoique sensiblement constante dans des circonstances déterminées de pression[1], ne peut s'exprimer par aucune formule équivalente simple.

II. Il existe deux oxychlorures de tungstène correspondant à l'acide tungstique ; l'un, qui est rouge, a pour formule $W O Cl^2$; l'autre, d'un blanc légèrement jaunâtre, a pour symbole $W O^2 Cl$. On obtient d'ordinaire leur mélange en même temps que de l'acide tungstique, en faisant passer un courant de chlore sur l'oxyde $W O^2$ anhydre, on les sépare ensuite par distillation, le chlorure rouge étant plus volatil que le blanc.

[1] Il n'est pas douteux que si l'on opérait la distillation de l'acide sulfurique ou du chlorure de tungstène sous des pressions très-variables, on obtiendrait des produits de composition également variable : c'est ce M. Roscoë a fait voir pour les hydrates des acides azotique et chlorhydrique.

J'obtiens facilement ces deux oxychlorures en distillant le perchlorure de tungstène avec de l'acide oxalique sec ou ordinaire en poids convenable. C'est, comme on le voit, le procédé que Gerhardt a employé autrefois pour préparer plus facilement l'oxychlorure de phosphore avec le perchlorure. L'oxychlorure rouge peut s'obtenir à l'état de pureté, mais, quel que soit d'ailleurs le procédé employé, on obtiendra toujours l'oxychlorure jaune mélangé d'acide tungstique ou d'oxychlorure rouge, parce que l'oxychlorure $W O^2 Cl$ se décompose en grande partie, lorsqu'on le distille, en acide tungstique et oxychlorure rouge, comme le représente l'équation

$$2 W O^2 Cl = W O Cl^2 + W O^3.$$

C'est cette décomposition, observée par H. Rose, qui lui fit découvrir la véritable nature de l'oxychlorure jaune que l'on considérait avant lui comme étant le perchlorure de tungstène, parce que l'eau le transformait en acide tungstique[1]. C'est également à cause de cette propriété que l'on obtient le mélange des oxychlorures et de l'acide tungstique dans l'action du chlore sur l'oxyde de tungstène $W O^2$.

Il était important de rechercher s'il était possible d'obtenir les oxychlorures en chauffant le perchlorure de tungstène $W Cl^3$ avec de l'acide tungstique *anhydre*. L'expérience montre que la combinaison des deux corps s'effectue même avec dégagement de chaleur. On a, par exemple,

$$W O^3 + 2 W Cl^3 = 3 W O Cl^2.$$

Cette réaction présente au point de vue théorique un intérêt tout particulier[2] sur lequel il n'est pas nécessaire d'insister.

III. Je n'ai pu obtenir jusqu'ici, même approximativement, la

[1] *Annales de Chimie et de Physique*, 2e série, t. LXVI, p. 213.

[2] D'après M. Persoz, l'acide phosphorique anhydre et le perchlorure de phosphore se combinent aussi directement pour donner l'oxychlorure (*Annales de Chimie et de Physique*, 4e série, t. Ier, p. 109).

densité de l'oxychlorure jaune ; sa facile décomposition a rendu toutes mes déterminations tellement incertaines, qu'il m'a été impossible d'en rien conclure. Il est au contraire très-facile de déterminer celle des deux autres chlorures, dans la vapeur de mercure ou de soufre, car le moins volatil des deux, le perchlorure, distille vers 300 degrés.

Voici les résultats de mes expériences :

Perchlorure $W\,Cl^3$ dans la vapeur de mercure.

D = 11,50.

Oxychlorure $W\,O\,Cl^2$ dans le mercure.

1re expérience... D = 10,78.
2e expérience... D = 10,70.

$W\,Cl^3$ dans la vapeur de soufre.

1re expérience... D = 11,89,
2e expérience .. D = 11,80,
3e expérience... D = 11,69.

$W\,O\,Cl^2$ dans la vap. de soufre.

D = 10,27.

Si l'on veut que la formule des corps corresponde toujours à 2 ou à 4 volumes de vapeurs, on trouve par un calcul bien simple : 1° que la densité théorique de la vapeur du chlorure $W\,Cl^3$ est D = 13,75 dans l'hypothèse où le symbole $W\,Cl^3$ correspond à 2 volumes, et D = 6,875 dans l'hypothèse où la formule correspondrait à 4 volumes ; 2° que la densité théorique du chlorure $W\,O\,Cl^2$ est D = 11,86 dans l'hypothèse des 2 volumes, et 5,93 dans celle de 4 volumes. Ces nombres, on le voit, sont bien différents de ceux fournis par l'expérience.

Si l'on admet avec M. Persoz que le perchlorure de tungstène a pour formule $W'Cl^5$ (en posant $W' = \frac{5}{3} W = \frac{5}{3} 92$), l'équivalent du chlorure devient les $\frac{5}{3}$ de l'ancien équivalent, la nouvelle densité de vapeurs devient également les $\frac{5}{3}$ de l'ancienne ; et si l'on suppose que $W'Cl^5$ corresponde à 4 volumes de vapeurs, on a, pour la densité théorique de ce chlorure, D = 11,46, nombre peu différent de ceux donnés par l'expérience.

Mais il faut supposer que l'oxychlorure rouge a pour formule

$W' O^{\frac{5}{3}} Cl^{\frac{5}{3}}$; sa densité théorique de vapeurs, en supposant que cette formule corresponde à 4 volumes, est D = 9,87, ce qui s'accorde assez bien avec les nombres donnés plus haut pour ce chlorure. Mais une telle formule est inacceptable dans les idées généralement reçues, et il convient de faire disparaître les exposants fractionnaires; il faut donc supposer que le chlorure rouge a pour formule

$$W'^3 O^5 . Cl^{10} \quad \text{ou} \quad W'O^5 + 2\, W'Cl^5,$$

ce qui revient à admettre qu'il existe des corps dont la densité de vapeurs correspond à 12 volumes. Je signale cette difficulté sans chercher à la résoudre.

Je continue en ce moment mes recherches, et je me propose de les étendre aux chlorures du molybdènes.

ZOOLOGIE, ANATOMIE ET PALÉONTOLOGIE.

Dr Bence Jones. Sur la rapidité du passage de certaines substances cristalloïdes dans les tissus vasculaires et non vasculaires du corps. (*Philosophical Magazine*, mai 1865.)

L'auteur s'est servi de l'analyse par le spectre pour chercher à suivre les traces de certaines substances dans leur passage du sang dans les différents tissus du corps. Ses expériences ont roulé principalement sur les cochons d'Inde, dans le corps desquels on ne trouve en général aucune trace de lithium. En faisant avaler à un de ces animaux pendant huit jours consécutifs un demi-grain de chlorure de lithium, il a été retrouvé des traces notables de cette substance dans tous les tissus du corps, même dans les tissus non vasculaires, tels que les cartilages, la cornée et le cristallin. L'auteur a fait une expérience comparative en tuant à la fois deux cochons d'Inde, dont l'un avait pris trois heures avant la mort 3 grains de chlorure de lithium, et dont l'autre n'en avait pas pris.

En brûlant tout d'une fois le cristallin de ce dernier, il n'a pas été trouvé la plus petite trace de lithium, tandis qu'une portion minime du cristallin du premier, de la grosseur de la 20e partie d'une tête d'épingle seulement, a accusé la présence de cette substance, laquelle avait évidemment pénétré jusque dans le centre du cristallin. Il en a été de même dans le cas d'un cochon d'Inde tué 4 heures après avoir pris le lithium.

Un autre cochon d'Inde, auquel l'auteur avait fait prendre 3 grains de chlorure de lithium, a été tué au bout de deux heures et quart. Dans ce cas, le cartilage de la hanche a fourni des traces légères, mais distinctes de lithium; les portions extérieures du cristallin en ont aussi fourni quelques traces, les parties intérieures aucune. La même dose de lithium ayant été donnée à un cochon plus jeune, qui fut tué après 32 minutes, on a retrouvé du lithium dans le cartilage de la hanche et dans l'humeur aqueuse. La portion extérieure du cristallin en contenait aussi, mais l'intérieur n'en a présenté que des traces à peine appréciables. Dans le cas d'un cochon plus âgé et plus gros, auquel on avait donné la même dose de chlorure de lithium, cette substance a été retrouvée au bout d'une heure dans les articulations de la hanche et du genou, mais en quantité très-faible. On en a trouvé une quantité notable dans l'humeur aqueuse, mais point du tout dans le cristallin.

Le chlorure de rubidium, administré en doses de 3 grains aux mêmes animaux, n'a pu être retrouvé dans aucun des tissus, probablement parce que l'analyse spectrale du rubidium n'accuse pas des quantités aussi faibles que dans le cas du lithium. Lorsqu'on en avait administré cependant jusqu'à 20 grains, il en a été retrouvé des traces dans le sang, le foie, les reins et aussi dans le cristallin lorsqu'on le brûlait tout entier à la fois.

Le Dr Jones ayant administré 15 grains de citrate de lithium à un malade trente-six heures avant la mort, et encore autant six heures avant la mort, a retrouvé cette substance en quantité sensible dans le cartilage de l'une des articulations, en quantité

à peine perceptible dans le sang et dans le cristallin. L'auteur s'attend à trouver du lithium dans le cristallin après l'opération de la cataracte, et dans le cordon ombilical après la naissance du fœtus.

Dr Ernst Ehlers. Les Annélides chétopodes d'après des recherches systématiques et anatomiques. (Die Borstenwürmer nach systematischen und anatomischen Untersuchungen dargestellt. 1. Abth. in-4° Leipzig 1864. Engelmann).

Après un séjour fait à Fiume pendant l'été de 1862, M. Ehlers s'est trouvé riche de nombreuses observations zoologiques et anatomiques sur les Annélides chétopodes. Elles ont donné naissance à un ouvrage considérable, car la première partie que nous avons seule sous les yeux compte 270 pages et onze planches. Les observations sont faites évidemment avec une scrupuleuse exactitude et les planches renferment peut-être les plus beaux dessins d'Annélides jusqu'ici publiés.

Les nombreuses espèces nouvelles décrites par l'auteur, la riche moisson de faits anatomiques souvent nouveaux recueillis par lui méritent une attention spéciale, mais se prêtent malheureusement avec difficulté à une analyse. Il est permis cependant de relever comme au premier rang par leur importance les observations relatives aux organes générateurs. M. Ehlers est d'avis que les éléments sexuels se développent « non pas, comme on l'a cru jusqu'ici aux dépens d'un blastème disséminé dans la cavité périviscérale, mais en certains points déterminés de la paroi de cette cavité, où leur production est liée à des organes ou permanents ou se développant à l'époque de la maturité sexuelle. »

M. Ehlers est en effet le premier qui ait formulé d'une manière aussi générale le mode de production première des éléments sexuels chez les Annélides polychètes. Le plus souvent les observateurs se sont contentés de signaler ces éléments flottant libre-

ment dans la cavité du corps, ce qui arrive en général, d'après l'opinion de M. Ehlers lui-même, à l'époque de la maturité de ces éléments. Mais on ne s'est, point exprimé, dans un grand nombre de cas, sur l'origine même de ces éléments. Toutefois nous croyons M. Ehlers dans l'erreur lorsqu'il semble attribuer à tous ses devanciers l'opinion que les éléments sexuels se développent aux dépens d'un blastème flottant dans le liquide périviscéral. Seul peut-être M. Leuckart a exprimé d'une manière positive cette opinion. Dans le petit nombre de cas où l'on s'est occupé du mode de production de ces éléments, on les a vus engendrés sur la paroi des segments ou des dissépiments et on les a décrits, de la même manière que M. Ehlers, comme se détachant plus tard de la paroi pour tomber dans la cavité périviscérale. Telles sont, par exemple, les conclusions de MM. Krohn, Carpenter et Claparède, Gegenbaur, etc. relativement aux Alciopes, aux Protules, aux Tomopteris[1]. Des auteurs plus anciens, tels que Rathke et d'autres, entretenaient déjà la même manière de voir. Il est vrai que les mêmes auteurs, dans une foule de cas, se sont contentés de mentionner les œufs et les zoospermes flottant dans la cavité périviscérale, parce que leurs observations s'étant bornées là et ne s'étant pas étendues jusqu'au mode même de production de ces éléments, ils ont préféré ne pas préjuger à la légère ce mode de production. Aujourd'hui, M. Ehlers, fort, paraît-il, d'un très-grand nombre d'observations, généralise ce mode et le formule comme une loi sans exception. C'est donc une conquête réelle, si l'avenir ne montre pas que cette généralisation est prématurée.

De même que plusieurs auteurs récents, M. Ehlers est d'avis

[1] *Cf. Krohn*, Zoologische u. anat. Bemerkungen über die Alciopen. Archiv. f. Naturg.-1845. p. 171— *Carpenter et Claparède:* Further Researches on Tomopteris onisciformis. Transactions of the Linnean Society 1860, p. 59.— *Claparède*, Beobachtungen über Anatomie und Entwicklungsgeschichte, 1863 p. 33. *Gegenbaur*, Grundzüge der vergl. Anatomie, 1859, p. 191, etc., etc.

que les éléments sexuels sont évacués de la cavité périviscérale par les organes dits segmentaires. Il est certain qu'il a étudié ces organes chez les Annélides polychètes avec un grand soin et qu'il en a fait connaître plusieurs de formes singulières. Les plus curieux sont sans contredit ceux qu'il décrit chez les Polynoés, où ces organes débouchent à l'extérieur chacun par plusieurs ouvertures. Ce fait est très-exceptionnel et c'est chez les Tomoptëris seulement qu'on avait jusqu'ici constaté une double ouverture externe de l'organe segmentaire. Lorsque ces organes sont très-dilatés par les éléments sexuels qui s'y sont introduits après avoir flotté dans la cavité périviscérale, on les a pris parfois pour des testicules ou des ovaires. Tel a été le cas, selon M. Ehlers, pour les Syllidés mâles. Nous rappelons à ce propos qu'on a décrit dans l'appendice caudal des Tomoptéris des testicules pleins de zoospermes et munis chacun de deux ouvertures, dont l'une communique avec l'extérieur et l'autre avec la cavité périviscérale. Evidemment ces organes sont faciles à interpréter dans le sens de M. Ehlers, c'est-à-dire comme des organes segmentaires dilatés par la semence.

Le bel ouvrage de M. Ehlers a le tort d'être conçu sur un plan peu conséquent. Au lieu de se borner à la description des travaux de l'auteur, il a pris les allures d'un ouvrage général sur la classe des Annélides. Mais les forces ont manqué à l'auteur pour mener cet ouvrage général à bonne fin. Il consacre d'abord une cinquantaine de pages à l'histoire de la science et à l'analyse de nos connaissances actuelles sur les Annélides. Cette partie de l'ouvrage dans laquelle un petit nombre de faits nouveaux sont noyés dans la masse des faits généralement admis, figurerait très-bien en tête d'un traité comme celui que M. de Quatrefages se propose de publier. Mais la suite ne correspond pas à ce début, car M. Ehlers se borne en général à l'étude des espèces qu'il a rencontrées. Pour quelques familles seulement il reprend courage et hasarde un tableau complet des genres de la famille, tableau dont on chercherait vainement le pendant pour d'autres familles.

Ce défaut n'a sans doute pas grande importance. Cependant il nuit à la lecture de l'ouvrage. Dès que l'auteur avait renoncé à écrire un traité, il aurait dû épargner au lecteur le travail d'aller glaner péniblement quelques épis nouveaux dans ce champ immense de faits connus.

Les vues de M. Ehlers relatives à la classification des Annélides sont fort intéressantes. De tous les systèmes jusqu'ici proposés, c'est celui de Savigny qui lui paraît le plus naturel et nous pensons qu'il a raison. Il est certain que les *Annelides nereideæ*, *serpuleæ* et *lumbricinæ* du célèbre zoologiste répondent à trois types distincts d'Annélides chétopodes. Cependant, il est quelques genres qui ne trouvent bien leur place dans aucun de ces trois ordres. M. Ehlers s'est donc décidé à en établir un quatrième, celui des Ariciens, qu'il intercale entre l'ordre des Néréidiens et celui des Serpuliens. Cette classification nous paraît plus heureuse que celle de M. de Quatrefages et nous lui donnons sans hésiter la préférence. En effet l'ordre des Ariciens *Ehl.* renferme soit les Nériniens soit les Leucodoriens que M. de Quatrefages sépare, ce nous semble, au mépris de toutes les affinités pour placer les uns parmi les Annélides errantes (Néréidiens *Ehl.*), les autres parmi les Annélides sédentaires (Serpuliens *Ehl.*).

Dans l'ordre des Néréidiens, M. Ehlers, distingue onze familles, toutes fort naturelles. La plupart ont déjà été établies par Savigny et M. Grube. Deux seulement sont nouvelles, celle des Chrysopétaliens et celle des Alciopiens, que M. de Quatrefages, dont la note est postérieure à la publication de M. Ehlers, a déjà adoptées. La famille des Chrysopétaliens comprend les Néréidiens munis de palées et correspond, par conséquent, à peu près exactement à la famille des Palmyracés de M. Kinberg. Mais comme M. Ehlers n'est pas d'accord avec ce dernier sur les caractères de la famille, il a cru devoir en changer le nom.

BOTANIQUE.

MAX. WICHURA. DIE BASTARDBEFRUCHTUNG IM PFLANZENREICH, etc. L'HYBRIDISATION DANS LE RÈGNE VÉGÉTAL ÉTUDIÉE SUR LES SAULES. 1 br. in-4°. Breslau, 1865, 2 pl.

M. Wichura vient de livrer au public les résultats de sept années d'expériences sur les saules. Il s'était proposé de continuer et de mener à bonne fin les recherches entreprises avant lui par le Dr Wimmer sur des saules cultivés dans un jardin des environs de Breslau. M. Wichura partageait d'avance pleinement les vues de son prédécesseur sur la nature hybride de plusieurs saules spontanés et il pense être arrivé à une démonstration complète de cette opinion. Les saules étant dioïques se prêtent fort bien aux expériences d'hybridisation, et cela d'autant mieux que leur fécondation naturelle s'opère toujours par l'intermédiaire des insectes. Il suffit donc de protéger contre leur action les fleurs sur lesquelles on veut opérer. Pour cela M. Wichura a eu recours à un moyen fort simple, qui consiste à enfermer le rameau destiné à porter les fleurs femelles, avant même l'apparition de celles-ci, dans un manchon de tarlatane enflé au moyen de cercles de fil-de-fer placés à son intérieur, et suffisamment ample pour permettre au rameau de se développer librement pendant le temps voulu. Les fleurs femelles isolées par ce moyen sont demeurées stériles toutes les fois qu'elles n'ont pas été fécondées artificiellement. D'autre part, M. Wichura recueillait le pollen au moyen de pinceaux et plaçait celui de chaque espèce dans une boîte à part. Pour éviter toute chance de mélange, il avait soin de se servir toujours du même pinceau pour la même espèce. Enfin comme en plein air les abeilles ont coutume de se précipiter sur les anthères à mesure qu'elles s'ouvrent, M. Wichura était obligé de couper d'avance les rameaux mâles avant leur floraison et de les conserver quelque temps trempés dans l'eau jusqu'à leur maturité. Il est assez remarquable que chez les saules le pollen

conserve sa vitalité plus longtemps que les graines. Ainsi celui du *S. cinerea L.* était encore actif après un laps de 16 jours, tandis que les graines de presque toutes les espèces sont complétement mortes au bout de cinq à six jours.

M. Wichura ne s'est point contenté de produire des hybrides binaires, c'est-à-dire avec deux espèces seulement, mais il a croisé à leur tour ces hybrides binaires, soit avec d'autres espèces simples, soit avec leurs propres parents, et a obtenu ainsi ce qu'il appelle des hybrides ternaires. Ces derniers fécondés à leur tour de la même manière ont produit des hybrides quaternaires. On conçoit aisément qu'un hybride quaternaire peut aussi s'obtenir en fécondant deux hybrides binaires l'un par l'autre, et M. Wichura n'a pas négligé non plus ce moyen. Il est allé encore plus loin que les hybrides quaternaires et a même produit un hybride sextaire, c'est-à-dire un saule à la formation duquel six espèces différentes ont successivement concouru. Enfin il a même tenté, sans succès il est vrai, une combinaison de huit espèces différentes. En général ce sont les croisements binaires, c'est-à-dire les plus simples, qui ont réussi le moins souvent. Ce résultat tient, suivant M. Wichura, à ce qu'un grand nombre de ces hybridations avaient nécessairement lieu entre des espèces très-dissemblables. Les espèces du genre saule semblent posséder à un haut degré la faculté de produire des hybrides d'ordres élevés. Ce n'est, paraît-il, que la stérilité croissante des produits qui met un terme à ces combinaisons et a empêché jusqu'ici d'obtenir les hybrides *octonaires*.

Dans le cas des saules les produits des hybrides fertiles fécondés par leur propre pollen conservent la forme hybride, et M. Wichura assure n'avoir observé aucun cas de *retour aux types primitifs.*

Cependant, bien que fertiles, les saules hybrides sont des êtres incomplets. Beaucoup trahissent déjà leur faiblesse par une végétation moins luxuriante et tous par une moins grande fécondité. Cette imperfection des hybrides se montre aussi dans l'irrégularité de

leur pollen. Entre le pollen entièrement homogène de certaines espèces pures et celui de certains hybrides qui ne contient presque point de grains de forme normale, on trouve du reste toutes sortes de degrés intermédiaires. M. Wichura a étudié en détail toutes les irrégularités que peut présenter le pollen des saules. Il a trouvé qu'en général les grains qui sont plus petits que la grosseur normale sont stériles. Voici quelques propositions qu'il pense avoir suffisamment établies :

1° L'irrégularité du pollen augmente chez les produits à mesure qu'on féconde un hybride avec son propre pollen.

2° Les hybrides d'espèces de saules très-éloignées ont un pollen plus irrégulier que celles d'espèces voisines.

3° L'irrégularité du pollen augmente avec le nombre d'espèces, qui concourent à un hybride.

Sous le rapport des formes, M. Wichura affirme que tous les hybrides qu'il a obtenus ont toujours été rigoureusement intermédiaires entre leurs parents, que ces derniers fussent des espèces pures ou des hybrides.

Suivant lui, quand on veut former un hybride avec deux espèces ou deux hybrides et se faire une idée de la nature du produit, on doit distinguer chez les individus qui servent de parents trois sortes de caractères :

1° Des caractères constants communs à ces deux individus, et qui passent en entier à l'hybride produit.

2° Des caractères constants qui distinguent les deux parents, et qui ne se retrouvent qu'à moitié dans le produit.

3° Enfin des caractères variables qui varient aussi dans le produit.

On peut citer l'exemple suivant : le *S. purpurea* a deux étamines dont les filaments et les anthères sont complétement soudés entre eux, tandis que ces organes sont entièrement libres dans toutes les autres espèces de saules d'Europe. Or si on produit une hybride du *S. purpurea* avec une autre de ces espèces, on obtient toujours des produits dont les filaments sont soudés jusqu'à mi-

hauteur. M. Wichura cite un grand nombre d'autres cas où la position des stigmates, la forme générale des feuilles, la pubescence, la nature de l'écorce, etc..... des deux parents se partagent rigoureusement par moitié dans leurs hybrides. Il rejette ainsi complétement l'opinion qui pensait que certaines espèces ont plus que d'autres la propriété de transmettre leurs caractères à leurs hybrides. Quant à l'influence relative du mâle et de la femelle sur le produit, M. Wichura pense avoir démontré que les deux éléments ont une part rigoureusement égale. Pour arriver à cette conclusion, il a opéré des hybridisations inverses, c'est-à-dire qu'après s'être servi d'une espèce comme femelle et d'une autre comme mâle, il a produit un nouveau croisement avec ces deux mêmes espèces en prenant le mâle dans la première et la femelle dans la seconde. Or les produits de ces deux croisements inverses se sont toujours trouvés identiques. Il est clair que ce résultat ne peut s'expliquer qu'en admettant que le mâle et la femelle ont tous deux la même influence. D'autre part, pour ce qui est des caractères variables, toutes les observations de M. Wichura le conduisent à admettre, ainsi que l'avait déjà fait Gærtner, que c'est au pollen qu'appartient la plus grande faculté de produire des variétés. En général plus le pollen employé dans les hybridations est irrégulier, plus les variétés obtenues parmi les hybrides sont nombreuses.

Il existe dans la nature de 32 à 35 espèces de saules bien caractérisées et un beaucoup plus grand nombre d'hybrides spontanés. M. Wichura porte à 66 le nombre d'hybrides binaires dont la spontanéité a été bien constatée. Il y joint 9 hybrides ternaires également spontanées, mais il n'est pas convaincu de l'existence d'hybrides plus compliqués. Ces hybrides se distinguent des espèces pures non-seulement par leurs caractères intermédiaires, mais aussi par le plus petit nombre des individus qui représentent chacune d'elles. Plusieurs circonstances faciles à concevoir tendent continuellement à limiter le nombre des individus hybrides et à l'empêcher de dépasser jamais celui des es-

pèces pures. C'est d'abord le fait même que les caractères des hybrides sont intermédiaires entre ceux des parents, d'où il résulte qu'un hybride n'est jamais aussi bien adapté que ses parents aux circonstances extérieures. En général les hybrides étant des êtres incomplets, ne peuvent soutenir longtemps la lutte pour l'existence. Leurs ovaires moins féconds que ceux des espèces primitives, sont en outre plus facilement fécondés par le pollen des espèces parentes plus abondant et plus homogène que par leur propre pollen toujours irrégulier et dont une forte proportion est stérile. Cette dernière cause tend à ramener les hybrides aux espèces qui leur ont donné naissance. Le climat a aussi une grande influence sur la plus ou moins grande productiondes hybrides. Ils sont plus nombreux dans les pays de montagnes et dans le nord où le printemps très-court amène la floraison simultanée de beaucoup d'espèces différentes qui dans le sud et dans les plaines ne fleurissent que les unes après les autres. Ainsi les *S. caprea* et *S. pertandra*, qui aux environs de Breslau fleurissent à six semaines d'intervalle, ne fleurissent plus qu'à huit jours de distance en Laponie.

L'aire des hybrides est beaucoup limitée par la circonstance qu'elles ne peuvent naître que là où les espèces qui les produisent se trouvent toutes réunies. Ainsi l'hybride de deux espèces dont les aires sont très-inégales ne saurait avoir une aire plus grande que celle de l'espèce qui a la plus petite aire. Par exemple, toutes les hybrides que les *S. cinerea*, *aurita*, *purpurea*, *daphnoides* forment avec le *S. incana* sont limités aux localités où ce dernier existe.

Enfin M. Wichura passe successivement en revue toutes les espèces de saules spontanées dans leur ordre systématique, en indiquant à propos de chacune d'elles les espèces avec lesquelles elle fournit des hybrides, ainsi que les localités où l'on rencontre ces hybrides.

Le mémoire se termine par quelques considérations générales sur la nature des hybrides que l'auteur compare aux plantes mo-

difiées par la culture. Ces dernières comme les hybrides sont des êtres incomplétement adaptés aux circonstances extérieures. Comme les hybrides, elles ont un pollen plus ou moins irrégulier qui donne facilement naissance à des variétés. M. Wichura croit pouvoir en conclure cette loi générale que : *une adaptation incomplète aux circonstances extérieures accroît la tendance de l'organisme à produire des variétés*. C'est, suivant lui, en vertu de cette tendance à se modifier dès que les circonstances extérieures deviennent défavorables, que les êtres se transforment et il croit pouvoir, au moyen de cette explication, se passer de la *sélection naturelle*.

Il est un peu à regretter que M. Wichura n'ait pas accompagné son mémoire d'un plus grand nombre de planches explicatives, sans lesquelles il est difficile de comprendre la portée de ses assertions.

THWAITES, directeur du Jardin botanique de Peradenia, SUR LA FLORE DE L'ILE DE CEYLAN.

M. Thwaites vient de terminer son ouvrage intitulé *Enumeratio plantarum Zeylaniæ*[1] par un aperçu de la flore de Ceylan, dont voici la traduction :

Les montagnes de la province du centre s'élèvent à 8300 pieds, et reçoivent, année moyenne, cent pouces de pluie. Le terrain bas, au midi de l'île, jouit d'un climat humide, d'une température très-égale et reçoit une quantité de pluie considérable, quoique moindre que celle des montagnes. La partie basse située au nord de l'île, séparée par les montagnes des pluies de la mousson sud-ouest, a une saison pluvieuse très-courte, et présente ordinairement une extrême sécheresse pendant le reste de l'année.

Le caractère de la végétation diffère, comme on peut le sup-

[1] Un volume in-8°, Londres, 1858 à 1864.

poser, selon ces diversités de climats. Sur les montagnes la flore ressemble beaucoup à celle des Neilghiries ; dans la portion humide méridionale, elle se rapproche de celle de Sumatra et de la presqu'île malaie ; enfin dans la partie sèche du nord elle est presque identique à la flore de la côte de Coromandel.

Les espèces indigènes énumérées dans notre ouvrage s'élèvent à 2832, savoir :

Dicotylédones	1959
Monocotylédones	648
Fougères, Lycopodiacées, Marsiléacées...	225

On a pris soin de ne pas multiplier outre mesure les espèces, car l'observation montre que l'étendue des variations est souvent considérable dans les plantes dont l'habitation est vaste. Il y a des exemples, dans les genres *Hortonia*, *Mappia*, *Turpinia*, *Evonymus*, *Elæodendron* où les localités élevées produisent des formes ou variétés plus fortes et des fleurs plus grandes que la même près du bord de la mer. Ces formes ou variétés seraient probablement envisagées par quelques botanistes comme des espèces distinctes. Elles occupent, en réalité, ce terrain contestable où se trouvent les difficultés et les incertitudes connues des seuls botanistes pratiques, difficultés et incertitudes qui, dans l'opinion de plusieurs (et je suis du nombre) ne peuvent être résolues qu'en adoptant les idées de M. Darwin relativement aux rapports de formes voisines ~~ou espèces~~ descendues d'un ancêtre commun.

D'après la grande étendue de forêts qui a été convertie en plantations de café, il est presque certain que quelques espèces indigènes deviendront très-rares, ou disparaîtront, ou resteront seulement dans le jardin botanique. Le caractère envahissant, en outre, d'une espèce introduite il y a quarante années, contribue à changer l'aspect de la végétation à la hauteur de 3000 pieds au-dessus de la mer. Cette plante est le *Lantana mixta* Linn., qui a trouvé à Ceylan un sol et un climat admirable-

ment adapté à sa manière de vivre, car elle couvre aujourd'hui des milliers d'acres de son épais feuillage. Elle prend possession des terrains dont la culture a été négligée ou abandonnée ; elle empêche la croissance d'autres espèces et détruit même les petits arbres en atteignant leur sommet au moyen de ses tiges à moitié grimpantes. Le fruit de ce *Lantana* est si agréable aux oiseaux qu'ils le répandent partout, de manière à étouffer par places les végétaux aborigènes.

Les *Brucea sumatrana*, *Crotalaria indica*, *Lagascea mollis*, *Cosmos caudatus* et *Asclepias curascavica* se sont complétement naturalisés et sont devenus des mauvaises herbes dans la partie chaude de l'île.

A Nevera-Ellia quelques plantes étrangères, introduites avec les graines de prairies, se sont naturalisées. J'ai noté, par exemple, les *Cerastium vulgatum*, *Hypericum humifusum*, *Trifolium repens*, *Verbascum Thapsus*, *Stachys arvensis*, *Plantago lanceolata*, et *Dactylis glomerata*.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A L'OBSERVATOIRE DE GENÈVE

sous la direction de

M. le Prof. E. PLANTAMOUR

PENDANT LE MOIS DE MAI 1865.

Le 1er, brouillard le matin de bonne heure jusqu'à 6 h.; faible halo solaire à plusieurs reprises dans l'après-midi ; couronne lunaire dans la soirée.

3, halo solaire de 7 h. à 11 h 45 m.

8, halo lunaire et couronne lunaire dans la soirée.

9, de 6 h. à 6 h. 45 m. du matin on voit les deux parhélies sur le halo ordinaire; ce dernier est visible vers 10 h. Quelques coups de tonnerre de 10 h. 45 m. à 11 h., avec un peu de pluie; l'orage passe au NE. de l'Observatoire, allant de l'Est vers le Nord. Un peu plus tard, un second orage éclate vers midi; tonnerres presque continuels de 11 h. 45 m. à midi 40 m.; maximum d'intensité à midi 5 m., direction du SSE. au N.

11, Le minimum de la température dans les 24 heures, $+7^{\circ},3$, a eu lieu entre midi et 1 h.

12, halo solaire de 10 h. 45 m. à 2 h. 45 m.

15, de 3 h. 45 m. à 4 h. 10 m. après-midi tonnerres au NO.; l'orage suit le Jura, en se dirigeant vers le Nord: dans la soirée, de 6 h. 30 m. à 10 h., éclairs et tonnerres de tous les côtés de l'horizon. Le nuage orageux qui donne les décharges les plus fortes, accompagnées d'une forte averse, traverse la vallée dans la direction de l'ENE. à l'OSO., et se trouve au zénith à 7 h. 15 m.

17, brouillard le matin de bonne heure; faible halo solaire de 10 h. à 4 h.

21, tonnerres du côté du Sud, de 2 h. 10 m. à 3 h. 25 m.; toute la soirée éclairs du côté du Nord.

22, tonnerres de 1 h. 50 m. à 2 h. 15 m. après-midi; l'orage passe du SO. à l'E. De 6 h. 45 m. à 7 h. 15 m. du soir, coup de vent du SSO. d'une violence extraordinaire.

23, éclairs de tous les côtés de l'horizon pendant toute la soirée.

24, éclairs et tonnerres depuis 9 h. 40 m. du soir jusqu'après 11 h.; l'orage suit la direction de l'Ouest à l'Est et atteint sa plus grande intensité à 10 h. 50 m., moment où il passe au zénith.

26, 27, 28, 29, forte rosée le matin; le 29 halo solaire de 8 h. à 8 h. 30 m. du matin et de 2 h. 15 m. à 2 h. 45 m. Les dernières traces de neige ont disparu du grand Salève. Couronne lunaire dans la soirée.

31, éclairs toute la soirée du côté de l'Ouest,

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.

MAXIMUM.	mm	MINIMUM.	mm
Le 2, à 10 h matin...	731,88	Le 5, à 2 h. soir....	726,83
6, à 10 h matin...	729.60	10, à 2 h et 4 h soir	716,90
12, à 6 h. et 10 h. mat.	729,01	15, à 6 h. soir....	721,41
17, à 8 h. matin...	729.54	18, à 4 h. soir.....	726,01
19, à 2 h. soir....	730 84	21, à 4 h. soir....	728,32
24, à 8 h. matin...	731,89	27, à 4 h. soir.....	726,13
29, à 8 h. matin...	730,60		

GENEVE. — MAI 1865.

Jours du mois.	Baromètre. Hauteur moy. des 24 h.	Baromètre. Écart avec la hauteur normale.	Température C. Moyenne des 24 heures.	Température C. Ecart avec la temp. normale.	Température C. Minim.	Température C. Maxim.	Tension de la vap. Moy. des 24 h	Tension de la vap. Ecart avec la tension normale.	Fract. de saturation en millièmes. Moy. des 24 h.	Fract. de saturation. Ecart avec la fraction norm.	Fract. de saturation. Minimum	Fract. de saturation. Maximum.	Pluie ou neige. Eau tomb. d. les 24 h.	Pluie ou neige. Nomb. d'h.	Vent dominant.	Clarté moy. du Ciel.	Temp. du Rhône. Midi.	Temp. du Rhône. Ecart avec la temp. normale.	Limnimètre à midi
	millim.	millim.	o	o	o	o	mm	mm					mm.				o		pouces
1	726,08	+ 1.69	+13,10	+ 2.34	+ 6.9	+19,1	7.05	+0,42	646	— 71	400	1000	...	..	N. 1	0,64	13,5	+ 4,1	43.7
2	731,23	+ 6,82	+14,61	+ 3.70	+ 6.4	+21,6	6,32	—0,38	533	—184	330	850	...	..	N. 1	0,01	14,2	+ 4.8	43,8
3	730,31	+ 5,87	+16,16	+ 5.10	+ 6,9	+24.1	8,36	+1,58	614	—103	400	850	...	..	SSO. 1	0,36	13.8	+ 4,3	44.2
4	728,89	+ 4.42	+17.23	+ 6,03	+ 9.8	+24,1	8,62	+1,77	603	—115	360	820	.	.	variable	0,32	13.1	+ 3,5	44.3
5	727.79	+ 3.26	+16 87	+ 5,52	+ 8,0	+24,1	7.15	+0,23	521	—197	300	810	...	..	SO. 2	0,86	11,8	+ 2,1	44,0
6	729,19	+ 4.64	+16,31	+ 4,82	+13,2	+22.1	9,24	+2,24	686	— 33	470	880	2,9	7	N. 1	0,99	10,0	+ 0,2	44.0
7	728,02	+ 3.44	+16,50	+ 4.86	+12,5	+22,1	11,41	+4.34	813	+ 94	680	880	...	.	N. 1	0.83	...	....	44,2
8	725.20	+ 0,58	+17,83	+ 6.05	+14,5	+22,3	13,17	+6.02	858	+139	730	960	1,4	3	N. 1	0,71	14,9	+ 4 9	44,8
9	720,77	— 3,89	+16,60	+ 4,67	+13,5	+22,5	10,77	+3,55	764	+ 44	500	940	0,6	1	SO. 1	0,67	14,9	+ 4,8	45,0
10	717,96	— 6,74	+15,16	+ 3,09	+10,0	+22,0	6,72	—0,58	551	—169	270	710	.	..	SO. 3	0,60	...	.....	45,5
11	724.07	— 0,67	+10,06	— 2.15	+ 7,3	+15,4	7,30	—0,08	815	+ 94	620	930	15,4	7	SSO. 2	0,91	14,1	+ 3,8	45.5
12	728,13	+ 3,35	+12,07	— 0,29	+ 4,4	+18.2	7,92	+0,47	743	+ 22	500	960	..	..	N. 1	0,67	7.9	— 2,5	45.8
13	728,01	+ 3 19	+14,47	+ 1,97	+10,0	+21.2	8,94	+1,41	741	+ 20	500	960	3,6	6	NNE. 1	0,40	7,8	— 2,7	46,0
14	726,11	+ 1,24	+15,88	+ 3,24	+ 8.4	+21.8	10.02	+2,41	747	+ 25	430	940	...	..	variable	0,54	...	.....	46 0
15	723,40	— 1,52	+16,45	+ 3.66	+13,0	+23,0	9,85	+2,16	727	+ 5	450	960	10,7	4	variable	0,87	13,1	+ 2,4	46,0
16	725,26	+ 0,29	+12,61	— 0.32	+ 9,8	+18.9	9.16	+1,39	855	+133	610	950	14.5	9	variable	0.71	12,9	+ 2,1	46,0
17	728.42	+ 3,40	+13,35	+ 0,27	+ 5,6	+19,2	8,96	+1,11	773	+ 51	510	1000	..	..	N. 1	0.63	13,9	+ 3,0	46,2
18	726,82	+ 1,75	+13,72	+ 0.50	+11,4	+18,1	10,36	+2,43	893	+171	730	990	7,6	7	N. 1	0.96	14,6	+ 3,6	46,5
19	730,46	+ 5.34	+14.26	+ 0.90	+12.9	+17,0	9,56	+1,56	804	+ 81	630	980	...	..	N 2	0.77	14.9	+ 3.8	46,5
20	729.73	+ 4,56	+15.00	+ 1,50	+10,3	+19,7	9,82	+1,74	766	+ 43	630	850	..	..	N. 1	0,60	15,6	+ 4,4	46,5
21	729,51	+ 4.29	+16.85	+ 3,21	+12,0	+23.5	10.80	+2,65	748	+ 25	520	940	..	.	variable	0,62	...	.....	46,7
22	730,00	+ 4,73	+16.14	+ 2,36	+11,0	+21,8	10,15	+1,92	746	+ 23	520	920	2,2	3	SSO. 2	0,71	15,9	+ 4,4	47,0
23	729,89	+ 4,57	+17,24	+ 3,32	+10.8	+25 0	9,80	+1.50	681	— 42	370	900	...	..	SSO. 1	0,50	15,8	+ 4,2	47.0
24	731.41	+ 6.04	+14,04	— 0,01	+11,9	+18,0	10,72	+2,35	899	+176	800	990	16,8	15	SSO. 1	0,98	15,6	+ 3.9	47,0
25	730,28	+ 4.85	+14.84	+ 0,65	+11,7	+20,8	8,05	—0,39	664	— 58	480	830	. .	..	variable	0,36	...	... .	47,2
26	728.04	+ 2,55	+14.86	+ 0,54	+ 7,2	+21.0	8,81	+0,30	702	— 20	460	870	...	..	N. 1	0.03	12,8	+ 0.9	47,3
27	727,01	+ 1,47	+17.34	+ 2,89	+ 9.0	+24,2	8,69	+0,11	616	—106	230	900	..	..	N. 1	0,02	15 6	+ 3,6	47,2
28	729,34	+ 3.74	+18,69	+ 4.10	+11.6	+[illegible]	12,17	+3,52	739	+ 18	540	880	...	..	NNE. 1	0.22	..	. ..	47,5
29	729.78	+ 4.13	+21,73	+ 7,01	+13,9	+28,6	11,25	+2.53	596	—125	380	820	..	..	SSO. 1	0,32	17.0	+ 4,7	47.5
30	728.28	+ 2.57	+23.27	+ 8.41	+15,2	+28.5	10,51	+1,72	507	—214	320	730	..	.	SO. 2	0,49	16,9	+ 4,5	47.5
31	725,31	— 0,46	+22.18	+ 7 19	+18,1	+28,9	11,69	+2,83	603	—117	430	760	0 3	1	variable	0,63	15,2	+ 2,7	47,5

MOYENNES DU MOIS DE MAI 1865.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h. s.
Baromètre.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade,	727,33	727,36	727,11	726,54	725,82	725,43	725,44	726,13	726,52
2e »	726,97	727,34	727,37	727,18	726,82	726,42	726,41	727,02	727,58
3e »	729,63	729,75	729,54	729,01	728,42	727,98	727,79	728,33	728,71
Moi	728,03	728,20	728,06	727,62	727,07	726,66	726,59	727,20	727,64
Température.									
	o	o	o	o	o	o	o	o	o
1re décade	+12,00	+15,42	+18,06	+19,43	+21,01	+20,11	+18,61	+16,48	+15,08
2e »	+11,53	+13,16	+15,40	+15,62	+17,14	+17,79	+16,11	+14,20	+12,99
3e »	+14,18	+17,55	+19,85	+21,29	+22,18	+22,37	+21,32	+18,36	+16,14
Mois	+12,62	+15,43	+17,84	+18,86	+20,17	+20,16	+18,76	+16,41	+14,78
Tension de la vapeur.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade,	8,80	9.17	9,15	9,13	8,65	9,20	8,79	8,91	8,41
2e »	8,80	9.11	9.18	9,32	8,96	9,01	9,48	9,49	9,62
3e »	10,13	10,87	10,79	10,52	10,37	9,85	9,57	9,96	10,38
Mois	9,27	9,75	9,74	9,68	9,36	9,37	9,29	9,47	9,50
Fraction de saturation en millièmes.									
1re décade,	833	709	589	549	477	531	551	636	649
2e »	878	814	698	701	638	601	694	788	860
3e »	840	725	636	565	535	504	514	651	764
Mois	850	748	641	604	550	544	584	690	758

	Therm. min.	Therm. max.	Clarté moyenne du Ciel.	Température du Rhône.	Eau de pluie ou de neige.	Limnimètre.
	o	o		o	mm	p.
1re décade,	+10,17	+22,40	0,60	13,27	4,9	44.35
2e »	+ 9,31	+19,55	0,71	12,76	51,8	46,10
3e »	+12,04	+24,17	0,44	15,60	19,3	47,22
Mois	+10,55	+22,11	0,58	13,83	76,0	45,93

Dans ce mois, l'air a été calme 2 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 0,83 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 79°,0 O. et son intensité est égale à 22 sur 100.

TABLEAU

DES

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AU SAINT-BERNARD

pendant

LE MOIS DE MAI 1865.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.

MAXIMUM.	mm	MINIMUM.	mm
Le 2, à 10 h. soir....	570,28	Le 4, à 4 h. soir....	569,32
6, à midi..........	570,82	10, à 6 h. soir....	559,17
13, à 10 h. soir.....	568,33	15, à 10 h. soir....	562.53
17, à 10 h. soir.....	568,35	18, à 8 h. soir...	566,23
21, à 10 h. soir....	570,95	26, à 6 h. matin..	566,75
29, à 10 h. matin..	572,30		

Jours du mois.	Baromètre. Hauteur moy. des 24 heures.	Baromètre. Ecart avec la hauteur normale.	Baromètre. Minimum.	Baromètre. Maximum.	Température, C. Moyenne des 24 heures.	Température, C. Ecart avec la température normale.	Température, C. Minimum.[1]	Température, C. Maximum.[1]	Pluie ou neige. Hauteur de la neige.	Pluie ou neige. Eau tombée dans les 24 h.	Pluie ou neige. Nombre d'heures	Vent dominant.	Clarté moy. du Ciel.
	millim.	millim.	millim.	millim.	°	°	°	°	mm	mm			
1	564,36	+ 2,19	562,74	566,28	+ 0,15	+ 1,96	— 2,7	+ 4,1	......	.....	......	NE. 1	0,61
2	569,35	+ 7,09	567,92	570,28	+ 2,60	+ 4,27	— 1,0	+ 6,3	......	......	......	variable	0,47
3	569,71	+ 7,36	569,43	570,24	+ 3,14	+ 4,67	+ 0,2	+ 6,9	....	......	.. ..	variable	0,33
4	569,74	+ 7,30	569,32	570,12	+ 2,44	+ 3,82	+ 0,5	+ 5,3	......	... ..	......	SO. 1	0,83
5	570,15	+ 7,62	569,44	570,77	+ 2,75	+ 3,99	+ 0,9	+ 5,2	......	......	......	SO. 1	0,92
6	570,46	+ 7,83	570,11	570,82	+ 2,77	+ 3,86	+ 1,7	+ 4,0	......	5,8	6	SO. 1	1,00
7	569,80	+ 7,08	569,16	570,34	+ 5,65	+ 6,60	+ 2,7	+ 10,8	. .. .	11,3	10	variable	0,94
8	568,89	+ 6,07	568,24	570,31	+ 4,64	+ 5,44	+ 3,7	+ 8,3	.....	... .	......	SO. 1	1,00
9	563,67	+ 0,76	562,49	565,19	+ 1,95	+ 2,61	+ 1,5	+ 4,2	......	..... .	. ...	SO. 2	0,96
10	559,38	— 3,63	559,17	559,54	+ 0,22	+ 0,74	— 0,5	+ 2,2	.....	. .....	......	SO. 1	0,82
11	561,77	— 1,34	559,44	564,46	— 2,01	— 1,63	— 3,0	+ 1,0	......	......	......	NE. 1	0,58
12	566,69	+ 3,48	566,03	567,20	+ 0,66	+ 0,92	— 1,0	+ 3,6	......	......	......	SO. 1	0,82
13	566,72	+ 3,41	565,52	568,33	+ 2,41	+ 2,51	— 0,9	+ 4,8	......	......	. . ..	SO. 1	0,57
14	567,67	+ 4,26	567,29	567,99	+ 4,78	+ 4,74	+ 2,9	+ 6,8	......	......	.....	SO. 1	1,00
15	565,08	+ 1,57	562,53	566,47	+ 2,23	+ 2,05	+ 1,9	+ 3,6	130	19,2	8	SO. 2	0,81
16	563,53	— 0,08	562,96	564,68	+ 0,35	+ 0,03	— 1,4	+ 4,0	......	......	.... .	NE. 1	0,10
17	567,37	+ 3,66	566,47	568,35	+ 4,24	+ 3,78	— 1,3	+ 8,8	20	2 1	3	NE. 2	0,91
18	566,99	+ 3,18	566,22	567,65	+ 0,08	— 0,52	0,0	+ 1,2	50	7,8	5	SO. 1	1,00
19	567,60	+ 3,69	566,33	568,63	+ 0,10	— 0,64	0,0	+ 1,7	......	56,2	9	NE. 2	0,93
20	569,19	+ 5,18	568,54	569,90	+ 1,24	+ 0,36	0,0	+ 3,8	. ....	......	......	SO. 1	0,90
21	570,23	+ 6,11	569,78	570,95	+ 0,50	— 0,52	0,0	+ 2,1	......	12,3	5	SO. 1	0,79
22	570,47	+ 6,25	570,13	570,85	+ 0,80	— 0,35	+ 0,4	+ 2,2	... ..	6,4	3	SO. 1	0,31
23	570,30	+ 5,98	570,02	570,64	+ 2,79	+ 1,50	0,0	+ 6,2	.... .	. ...	......	SO. 1	1,00
24	569,50	+ 5,08	568,98	570,08	+ 0,48	— 0,94	— 0,1	+ 1,8	....	7,0	4	SO 1	0,88
25	567,49	+ 2,97	567,27	567,82	+ 0,38	— 1,17	— 0,6	+ 3,0	......	......	.... .	NE. 1	0,22
26	567,32	+ 2,69	566,75	567,98	+ 3,92	+ 2,24	— 0,3	+ 7,0	......	......	... ..	NE. 1	0,01
27	568,43	+ 3,69	567,39	569,54	+ 8,02	+ 6,21	+ 4,0	+ 12,7	......	......	......	NE. 1	0,26
28	571,18	+ 6,34	570,14	572,14	+ 7,85	+ 5,91	+ 3,9	+ 11,8	.....	......	.....	NE. 1	0,11
29	572,05	+ 7,10	571,91	572,30	+ 8,99	+ 6,92	+ 5,9	+ 13,5	......	......	. ....	calme	0,24
30	571,17	+ 6,12	570,73	571,60	+ 9,72	+ 7,52	+ 5,9	+ 12,9	......	......	......	SO. 1	0,22
31	568,64	+ 3,49	567,74	569,51	+ 10,28	+ 7,96	+ 6,7	+ 13,5	......	......	.... .	SO. 1	0,51

[1] Les chiffres renfermés dans ces colonnes donnent la plus basse et la plus élevée des températures observées de 6 h. du matin à 10 h. du soir, les thermomètrographes étant hors de service.

MOYENNES DU MOIS DE MAI 1865.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s	8 h. s.	10 h.
Baromètre.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade,	567,28	567,59	567,61	567,68	567,40	567,67	567,48	567,75	567,84
2e »	565,72	565,91	566,21	566,33	566,29	566,31	566,50	566,72	566,70
3e »	569,51	569,66	569,82	569,85	569,71	569,69	569,62	569,86	569,97
Mois	567,57	567,78	567,94	568,01	567,84	567,95	567,92	568,17	568,23
Température									
1re décade,	+ 1°,27	+ 2°,40	+ 2°,89	+ 4°,43	+ 5°,21	+ 4°,80	+ 3°,76	+ 2°,30	+ 1°,86
2e »	+ 0,44	+ 1,90	+ 2,22	+ 3,17	+ 3,78	+ 2,81	+ 2,14	+ 0,96	+ 0,58
3e »	+ 2,67	+ 4,62	+ 5,95	+ 7,03	+ 7,49	+ 7,28	+ 6,05	+ 4,22	+ 3,96
Mois	+ 1,50	+ 3,03	+ 3,76	+ 4,95	+ 5,56	+ 5,04	+ 4,05	+ 2,55	+ 2,19

	Min. observé.[1]	Max. observé.[1]	Clarté moy. du ciel.	Eau de pluie ou de neige.	Hauteur de la neige tombée.
	o	o		mm	mm
1re décade,	+ 0,70	+ 5,73	0,79	17,1	—
2e »	— 0,28	+ 3,93	0,76	85,3	200
3e »	+ 2,34	+ 7,88	0,41	25,7	—
Mois	+ 0,97	+ 5,91	0,65	128,1	200

Dans ce mois, l'air a été calme 21 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 0,57 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est S. 45°O., et son intensité est égale à 24 sur 100.

[1] Voir la note du tableau.

LES
DÉCOUVERTES SPECTROSCOPIQUES
DANS LEURS RAPPORTS AVEC LA RECHERCHE DE LA NATURE DES CORPS CÉLESTES

(LE SCOPERTE SPETTROSCOPICHE, ETC....)

PAR

LE PÈRE ANGELO SECCHI.

Discours lu à l'Académie Pontificale Tibérine, le 6 mars 1865.
Brochure in-8° de 25 pages, extraite du t. 41 du
Giornale Arcadico. Rome 1865.

Le discours dont je viens de transcrire le titre, me paraît présenter un résumé fort intéressant des récentes et importantes recherches auxquelles il se rapporte. Le Père Secchi, célèbre directeur actuel de l'observatoire du Collége romain, a pris lui-même une part notable à ces recherches, et il était très-bien placé pour en faire une exposition élémentaire. Comme il n'en a pas été rendu encore un compte circonstancié dans nos *Archives*, il m'a paru qu'une traduction à peu près complète de ce discours y trouverait convenablement sa place. Quelques personnes pourront en regarder certaines conclusions, quoique présentées avec bien de la réserve, comme étant un peu prématurées et ayant besoin de confirmation : mais il n'en est pas moins très-remarquable qu'on soit

parvenu, en si peu de temps, à affirmer avec un certain degré de probabilité et d'après des expériences positives, que diverses substances terrestres bien connues, telles que les métaux et les gaz, existent aussi dans le soleil et les planètes, et même dans les étoiles fixes et les nébuleuses, et qu'on ait déjà énuméré celles qui se trouvent et celles qui manquent dans chacun de ces corps célestes. C'est un de ces cas nombreux de la science, dans ses admirables développements actuels, où une branche spéciale de nos connaissances fournit un très-précieux secours à une autre branche, d'une manière tout à fait inattendue. Je reproduirai maintenant les paroles du P. Secchi lui-même, en les accompagnant de quelques-unes des notes qu'il a jointes à son discours.

ALFRED GAUTIER.

Quelque sublime que soit l'élan de la science astronomique moderne, et quelque admiration que ses progrès aient justement excitée, elle ne pouvait guère se glorifier d'avoir reconnu autre chose que les lois du mouvement des corps célestes. Leurs orbites, leurs masses et leurs distances relatives avaient formé jusqu'à présent le seul héritage et l'unique but de l'astronome. Il n'aspirait pas à d'autre, et il l'a atteint d'une manière éminente.

Ce n'était pas tout cependant. La nature de ces corps immenses, circulant au-dessus de nos têtes, et leur structure physique n'étaient pas moins importantes à étudier pour acquérir la connaissance de l'univers : mais tout accès paraissait fermé jusqu'à présent pour atteindre ce but, et l'on devait confesser son ignorance sur la matière qui formait les étoiles, sur les éléments de l'atmosphère des planètes, et sur ce qui rendait lumineux l'astre du jour.

Une découverte nouvelle vient d'ouvrir un vaste horizon, qui finira un jour par nous révéler la nature physique des astres et le genre de matière dont ils se composent. Cette découverte est la spectroscopie, et ses applications dues à MM. Kirchhoff et Bunsen.

La base de leur invention est la recherche de la nature d'une substance, d'après la lumière qu'elle émet pendant sa combustion. Pour en donner une idée, je me servirai d'une comparaison bien connue et très-appropriée à ce but. Nous voyons et admirons tous les prodiges de l'art pyrotechnique, porté à Rome à une grande perfection, et il suffit d'un œil médiocrement exercé pour déterminer la substance qui brûle dans chacune des étincelles d'un feu d'artifice. Le rouge provient de la strontiane, le vert du bore, le bleu du cuivre, le blanc de l'arsenic ou de l'antimoine, le jaune de la soude ou du fer. La même méthode, employée avec précision, peut s'étendre à toutes les lumières.

Le procédé suivi par les physiciens pour transformer un indice un peu vague en un *criterium* exact et précis, est l'emploi du *spectroscope*. Cet instrument consiste en un ou plusieurs prismes de cristal très-pur, à travers lesquels on regarde, avec une lunette, un filet de lumière extrêmement mince. Le filet de lumière est formé par une fente très-étroite, éclairée et placée à grande distance, ou, pour plus de commodité, placée au foyer principal d'un second objectif, qui constitue ainsi une seconde lunette.

L'origine de cet instrument remonte à Fraunhofer, qui en fit usage en 1822 pour analyser diverses lumières, et découvrit ainsi dans le spectre solaire des lacunes noires, appelées depuis les *raies* de Fraunhofer, et désignées par

lui d'après les lettres de l'alphabet. Sa méthode, qui requérait une chambre disposée tout exprès, était incommode, et M. le professeur Zantedeschi l'a fort améliorée, en mettant le prisme entre deux objectifs, au foyer de l'un desquels se trouve la fente, tandis que l'image est au foyer de l'autre. A la forme actuelle sont joints divers accessoires, pour les mesures nécessaires des grandeurs et pour la position des raies.

Toutes les lumières, vues à travers cet instrument, sont infiniment mieux décomposées qu'elles ne le seraient par le simple prisme de Newton; la finesse et la netteté de la ligne lumineuse y sont surprenantes. L'image de la fente s'y étend suivant la réfrangibilité variable du rayon, ou suivant la longueur variable de l'onde lumineuse qui le constitue. La ligne colorée formée ainsi occupe une place déterminée dans le champ de vision, constante pour la même substance et qui devient lumineuse dans les mêmes circonstances. Mais les raies varient d'une substance à l'autre, et la même substance donne lieu aussi à des diversités de raies, quand les températures sont différentes. Si, par exemple, on met un peu de sel commun dans une flamme d'alcool, on voit dans le spectroscope une raie jaune brillante, qui caractérise le sodium, et toutes les autres couleurs manquent; si on y met de la lithine, on a une ligne unique rougeâtre; si c'est du thallium, on en a une d'un vert pur, etc.

Ces flammes sont appelées *monochromatiques*, et leurs caractères sont si précis que plusieurs nouveaux métaux, tels que le thallium, le cæsium, le rutilium, l'indium, etc., ont été découverts par les lignes nouvelles, inconnues auparavant, que leur combustion faisait voir dans le spec-

troscope. D'autres substances donnent des lignes multiples. La strontiane donne un magnifique groupe rouge, avec une raie bleue de couleur vive. Le cuivre produit du rouge, du vert, et un magnifique violet. L'acide borique donne plusieurs zones vertes et bleues et une orangée. Les éléments de ces couleurs se manifestent déjà à l'œil nu dans ces flammes colorées. On peut observer directement ces spectres en brûlant le métal, ainsi que cela se pratique pour la combustion du magnésium, qui a maintenant tant d'application en photographie; mais la manière la plus belle et la plus commode d'examiner ces lumières est d'employer l'étincelle électrique, en la tirant de divers métaux, ce qui donne lieu à des phénomènes surprenants que je ne puis décrire ici. Je dirai seulement que ces spectres, au lieu d'être continus, pour ainsi dire, comme le spectre solaire, sont formés de bandes lumineuses, séparées par divers intervalles obscurs, et que les raies lumineuses varient d'une substance à l'autre. Le magnésium donne lieu à trois magnifiques groupes, l'un rouge, l'autre bleu et le troisième vert. Le cuivre a un groupe vert, un rouge, plusieurs violets, etc. J'ai déjà décrit, en 1852, plusieurs de ces groupes, dans le journal publié par M. Matteucci sous le nom de *Nuovo cimento ;* j'ai montré alors le grand avantage que pouvait tirer l'astronomie de la comparaison de ces lumières avec les teintes diverses des étoiles, et j'en ai fait quelques applications.

Après avoir donné une idée générale de ce nouveau mode d'observation, nous passons maintenant aux résultats obtenus, en tant qu'ils peuvent nous guider dans l'étude des astres.

La première chose, mise hors de doute, est que les corps purement incandescens, à l'état solide, liquide, ou en atténuation quelconque, ne donnent pas des raies lumineuses séparées, mais ont un spectre continu. Ainsi les charbons et les métaux incandescents ne produisent pas de bandes. La flamme d'un gaz ou de l'huile donne un spectre continu, parce que leur lumière provient de la simple incandescence de particules de charbon volatilisé.

La seconde chose fondamentale, est que ces raies naissent partout où une substance entre en une vraie combinaison chimique. Ainsi, à la base de la flamme d'une chandelle, la lumière azurée est décomposée par le spectroscope en groupes de lignes distinctes, parce que c'est là que se fait la combustion la plus vigoureuse, et c'est là que se trouvent les raies de l'oxyde de carbone. Dans un flambeau de cire, où brûle le coton d'une mèche, et dans la flamme du bois ordinaire, on obtient la raie du sodium, parce que ce métal s'y oxyde pour faire partie de la cendre.

La troisième chose est que les vapeurs et gaz divers absorbent aussi diversement les rayons lumineux. On peut produire ainsi des raies obscures dans un spectre continu, si la lumière s'infiltre à travers certaines substances, telles que la vapeur d'iode et l'acide nitreux.

Enfin, on a trouvé qu'une substance donnée absorbe les mêmes rayons qu'elle émettrait si elle était à l'état lumineux. Ainsi le sodium, qui émet une lumière jaune si caractéristique, s'il est à l'état de vapeur, placé entre la source lumineuse et le prisme, absorbe ces mêmes rayons et produit dans le spectre une lacune noire. Ce fait observé par M. L. Foucault sur la lumière électrique, avec la lampe à chlorure de sodium, a été l'origine du

renversement des spectres, que nous trouverons si fécond en astronomie.

La raison de tous ces faits est assez évidente, d'après la théorie moderne de la chaleur. Tout corps chaud est un corps vibrant, qui provoque des ondulations dans l'éther environnant, et celles-ci sont de longueur diverse suivant le temps que l'éther emploie à faire ses oscillations. Ce temps dépend de la masse des molécules oscillantes et de la pression qu'éprouve l'éther. Les corps solides ou liquides, simplement incandescents, sont sujets à des actions moléculaires, qui lient leurs mouvements et en contrarient ainsi les vibrations; de même que les corps sonores, dont les vibrations sont contrariées par des obstacles voisins, émettent, au lieu de sons harmoniques, des bruits qui sont des mélanges de plusieurs sons de tous les tons contemporains. Mais quand la molécule se débarrasse de ces liens, comme cela résulte toujours des combinaisons chimiques, elle vibre alors librement par elle-même, et produit des ondes régulières et de longueur définie, d'après sa masse et la pression du milieu qui l'entoure. C'est pour cela que toutes les substances, dans l'acte de leur combinaison, émettent des spectres définis d'un petit nombre de lignes. M. Heinrich a trouvé, en effet, que les groupes de lignes spectrales, auxquelles donnent lieu diverses substances, sont toujours formés d'ondes telles que l'une est en rapport multiple très-simple avec l'autre, double, triple, etc.; de même qu'en acoustique, les sons harmoniques simultanés d'un corps sonore comprennent, outre le son principal, la tierce, la quinte et l'octave.

L'absorption des substances, selon un certain mode électif, dépend aussi de la même propriété. Comme chacune

d'elles vibre selon un mode et un ton qui lui sont propres, il s'ensuit qu'elle ne prendra facilement que le mouvement consonant au sien, comme cela arrive à une série de cordes tendues de manière à rendre divers sons dans une harpe ou un piano, qui ne répondent à un son étranger que par celui en accord avec la vibration qui les frappe. Mais en se mettant en mouvement, elles absorbent la force vive du milieu excitant, qui est ainsi réduit au repos; il en est de même du mouvement de l'éther dans le cas que nous considérons, qui absorbe les lumières mêmes que les corps émettraient s'ils étaient en état de vibration[1].

Les lois de cette absorption sont de très-grande importance dans l'étude des corps célestes, parce que nous sommes plongés dans une atmosphère qui a la faculté d'absorber ces rayons, et c'est par là que nous devons commencer. Une observation, même superficielle, fait voir que le spectre solaire est assez différent quand le soleil est élevé, ou quand il est bas et près de l'horizon. La diversité se manifeste principalement, dans le spectroscope, par l'élargissement, près de l'horizon, de plusieurs raies très-minces et à peine visibles par un soleil élevé, et par la formation de quelques autres qui ne se voyaient pas auparavant. De telles raies se multiplient tellement

[1] Je dois renvoyer au chap. 2 de mon ouvrage *Sur l'unité des forces physiques*, les personnes qui désireraient une analyse plus étendue de ces phénomènes. Les études ultérieures sur la dissociation de M. Henri Deville, et l'application que M. Faye en a faite à la chaleur solaire, ont bien confirmé la théorie exposée dans cet ouvrage. Les phénomènes du vide opéré par les seuls courants d'air, décrits par Gerhardt, prouvent la vérité des principes d'après lesquels j'ai cherché à expliquer les attractions magnétiques.

dans quelques parties du rouge, du jaune et du vert, qu'elles produisent de vraies zones noires visibles très-facilement [1]. Ces raies proviennent en partie des gaz composant notre atmosphère, mais surtout de la vapeur aqueuse. Dans les jours humides et vaporeux, et quand il pleut, ces zones apparaissent à une plus grande hauteur du soleil que dans les jours sereins, et elles se voient tout le jour dans les étés nébuleux.

L'étude de notre atmosphère nous met sur la voie d'examiner celle des autres planètes. Cet examen amène à des conclusions assez diverses pour chacune d'elles. Vénus et Mars présentent des traces d'absorption comme la terre, et manifestent des raies dans la portion rouge et jaune du spectre. Ces raies sont plus fortes près des bords de leurs disques que vers leur centre, et cela démontre qu'il y a là une atmosphère. L'absorption est énorme pour Jupiter et Saturne. La plus grande force absorbante se voit pour Jupiter dans le rouge et le jaune; il y a encore des zones obscures dans le vert, surtout près des bords. Les zones de rouge ne coïncident pas exactement avec les plus visibles du spectre solaire; celle qui s'en rapproche le plus est celle désignée par la lettre C^6, que le soleil nous montre la plus forte dans les jours sombres. Cela prouve que cette planète a une atmosphère dense, qui diffère en partie de la nôtre, et dans laquelle domine probablement la vapeur d'eau. La chose est en-

[1] M. Zantedeschi, puis MM. Gladstone et Brewster ont constaté ces diversités, et M. Janssen l'a fait aussi avec de plus puissants instruments. Les zones qui se forment sont plus sensibles près des raies A, B, C, D de Fraunhofer, et des secondaires C^6 et δ de Brewster. Voy. la 2[de] année du *Bulletin météorologique* de l'observatoire du Collége romain.

core plus marquée pour Saturne, et il y a une notable diversité entre l'anneau et le corps de la planète.

La lune ne nous montre que les raies solaires, ce qui confirme l'opinion déjà établie par d'autres moyens, qu'elle manque d'une atmosphère assez dense pour être sensible.

Les recherches relatives au soleil présentaient un champ immense, difficile à exploiter, et qui devait être le triomphe de la science. Le spectre solaire nous présente, en effet, une infinité de raies lumineuses et obscures, et il fallait d'abord déterminer : 1° à quelle substance chimique à nous connue correspond chaque ligne ; 2° si nous devons juger de la présence des substances dans le soleil d'après les raies lumineuses, comme nous le faisons pour les flammes et les étincelles électriques, ou d'après les raies obscures, comme cela a lieu pour les planètes.

La première de ces études a été commencée et admirablement avancée par M. Kirchhoff. Il a doté la science d'une table surprenante, où sont indiquées toutes les raies lumineuses et obscures du soleil, ainsi que celles des corps élémentaires les plus connus ; travail immense, qui a presque coûté à son auteur le sacrifice de sa vue. Il en a compté 14000, mais il en existe beaucoup plus, et elles se multiplient à mesure que la puissance des instruments augmente, de même que le nombre des étoiles dans les groupes stellaires. Ainsi la raie *D* a été d'abord estimée simple, puis double, triple, quintuple, et elle est réellement composée de 9 raies, dont 7 sont situées entre les deux principales. La confrontation de ces raies avec celles des matières élémentaires est un énorme travail, qui ne s'épuisera pas facilement, parce

que nous ne les connaissons pas toutes, et que de plus on a constaté que diverses combinaisons donnent souvent des raies différentes de celles des substances composantes. On peut donc regarder cette branche de la science comme étant à peine ouverte, et comme offrant encore un très-vaste champ de recherches.

Tout cela n'est qu'un travail préparatoire, relativement à la nature du soleil, et il reste à établir le second point indiqué ci-dessus. Or les autres découvertes faites sur le soleil nous permettent heureusement de décider en grande partie cette question. Elles nous ont démontré qu'il est environné d'une très-vaste atmosphère, dont la hauteur est de 10 à 12 diamètres du globe terrestre. Cette atmosphère est nécessairement douée d'une énorme force absorbante, et ce qui le prouve, c'est la forte diminution de chaleur et de lumière qui existe entre le centre et les bords du disque[1]. Il est certain, d'après cela, que nous ne nous tromperons pas en admettant l'absorption comme *criterium*.

En second lieu, la photosphère solaire lumineuse est formée certainement d'une matière mobile, dans un état analogue à celui de nos nuages, des vapeurs dites vésiculaires, et des particules de glace, qui étant réellement

[1] Je l'ai démontré depuis 1851, tant pour la température, au moyen du thermomultiplicateur de Melloni, que pour l'action chimique, en opérant sur le daguerréotype à lame d'argent, qui était le seul procédé photographique en usage alors. M. Bunsen a confirmé maintenant ce qui concerne l'action chimique. Quant aux phénomènes, dépendant de l'atmosphère solaire, qui se manifestent dans les éclipses totales de soleil, on peut voir le travail que j'ai publié à l'occasion de celle de 1860 observée en Espagne, travail reproduit, avec additions, dans les *Mémoires de l'observatoire du Collége romain* pour 1863.

de petits corpuscules solides et liquides, ont la propriété d'admettre *tous* les rayons et de donner un spectre continu[1]. La discontinuité du spectre solaire ne peut, par conséquent, provenir que de l'absorption de son atmosphère.

La température du soleil étant énorme et capable de tenir les corps les plus réfractaires en sublimation, à l'état élastique ou désaggrégé (dissociato), nous devons nous attendre à y trouver à l'état de vapeur une grande partie des substances qui sont ici-bas fixes et solides, et spécialement les métaux.

D'après le principe établi ci-dessus, nous pourrons reconnaître la présence, dans l'atmosphère solaire, d'une substance en vapeur, par la ligne noire qu'elle produit, et qui correspond à sa raie lumineuse dans le spectre, quand on l'observe brûlante. Ainsi, on peut constater dans le soleil la présence du sodium, parce qu'à la double raie jaune que présente ce métal en fusion, à travers le spectroscope, correspond sur le soleil une double raie noire à la même place, comme on peut le vérifier au contact des bords des deux spectres. On a pu établir, d'après le même *criterium*, que l'atmosphère solaire contenait des vapeurs de plusieurs substances terrestres, telles que le fer, le cuivre, le magnésium, le zinc, le cobalt, le barium, le chrome, l'hydrogène, le nitrogène, etc. Quant au fer, il n'y a pas moins de 60 raies, coïncidant avec autant de raies solaires, et il y a, par conséquent, une probabilité d'un trillion contre un, que ce métal est dans l'atmosphère solaire à l'état de vapeur, d'après le mémoire de M. Kirchhoff. Jusqu'à présent, on n'y a pas

[1] Voy. sur ce sujet le N° 11 du vol. 3 du *Bull. mét. du Collége romain* pour 1864.

trouvé, à ma connaissance, de traces d'or, d'argent, de silicium, de mercure, d'aluminium, d'arsenic, etc., à l'état pur: mais ces métaux peuvent y être en état de combinaison.

Cette découverte est d'une immense portée pour la théorie générale de la distribution de la matière dans l'univers, parce qu'elle fait voir qu'une grande partie des éléments que nous connaissons sur notre planète existent certainement dans l'astre central. Quoiqu'elle soit encore loin d'être épuisée, elle constitue une époque mémorable dans la science, parce que nous n'avions pas jusqu'à présent le moyen de reconnaître la nature chimique d'aucun corps céleste; le seul indice de ce genre par lequel nous pouvions juger de l'homogénéité de la matière dans la création, provenait des petits corps qui nous arrivent des profondeurs de l'espace céleste, et forment les bolides et les pierres météoriques ou aérolithes, dans lesquels on a reconnu le fer, le nickel, le carbone, le silicium etc.[1]

Les raies noires du spectre solaire ne trouvent pas, toutes, leurs raies lumineuses correspondantes dans les corps à nous connus, et cela n'est point étonnant; en effet, nous ne connaissons certainement pas encore tous les corps élémentaires de notre terre, et on ne peut prétendre que tous s'y trouvent. Plusieurs resteront donc inconnus; leur détermination aura peut-être lieu avec le temps, et pourra être un stimulant auprès des chimistes pour rechercher de nouvelles substances. Si l'on réfléchit à la délicatesse du *criterium* spectroscopique, délicatesse telle, d'après M. Kirchhoff, qu'un milligramme

[1] Le fameux météorite, tombé l'année dernière à Orgueil, en France, est si riche en carbone qu'il raie le papier comme le graphite.



de soude, dissout et volatilisé dans une chambre d'une centaine de mètres cubes, suffit pour colorer toutes les flammes qu'on y allume, on ne s'étonnera pas que tant de corps, qui s'étaient dérobés à la dextérité des chimistes, aient été découverts par ce moyen, et qu'on en retrouve bien d'autres encore.

Après le soleil, il était naturel de penser à analyser la lumière des étoiles, et cette étude a déjà été inaugurée par Fraunhofer : mais la faiblesse de leur lumière exigeait des moyens d'un tout autre genre. Fraunhofer a fait quelques tentatives à ce sujet, mais c'est à M. Donati de Florence qu'on doit le perfectionnement de sa méthode. Le célèbre opticien, chevalier G.-B. Amici, que l'Italie a récemment perdu, nous a fourni un prisme d'un usage très-commode pour ces études, qui a été l'origine d'un instrument de petite dimension, mais fort efficace pour ce genre de recherches.

Ce prisme est composé de cinq morceaux de divers cristaux, et il est la contre-partie du prisme achromatique, qui infléchit la lumière sans la disperser, tandis que le nouveau prisme la disperse sans l'infléchir. L'opticien Hoffmann de Paris en a tiré parti pour construire ainsi un instrument très-simple, que j'ai depuis deux ans appliqué au grand équatorial de notre observatoire, et qui est muni de divers appareils accessoires, nécessaires pour son usage [1].

[1] La description de ce spectromètre et des spectres stellaires les plus importants a été donnée dans notre *Bulletin météorologique* de 1863. J'y ai ajouté depuis quelques modifications. Une d'elles consiste à supprimer la fente par où passe la lumière, et à y substituer une lentille cylindrique ; elle présente un grand

Mais, comme on pouvait le supposer, je n'ai pas été seul dans une recherche aussi intéressante et aussi vaste; d'autres, pourvus de moyens supérieurs, ont pu me devancer, et je vais exposer ici les résultats obtenus en commun.

Pour reconnaître la nature d'une substance qui se trouve dans une étoile, on introduit dans le champ de vision de la lunette, avec la lumière de l'étoile, une lumière d'origine connue, telle qu'une flamme dans laquelle elle brûle, ainsi que je l'ai fait dès le commencement, ou bien l'étincelle électrique produite par une machine d'induction de Ruhmkorff, comme l'ont pratiqué MM. Higgins et Miller. Pour introduire ces lumières, de manière à ce que les images tombent sur les parties correspondantes et identiques au degré de réfrangibilité, tant de l'étoile que de la lumière artificielle, on dispose devant le milieu de la longueur de l'étroite fente, un très-petit miroir incliné, qui réfléchit sur cette fente la lumière placée latéralement. Dans plusieurs cas, il vaut mieux avoir une échelle déjà faite, qui donne la position des raies solaires dans l'instrument; on peut aussi, de nuit, déterminer cette même position au moyen du spec-

avantage dans bien des cas, et spécialement pour les étoiles de clarté médiocre. Cet appareil, muni vers l'oculaire d'une vis micrométrique, reproduit le système mis en usage par M. Donati, L'autre modification consiste à employer, au lieu d'une échelle graduée réfléchie, une ligne lumineuse faite par le moyen d'une fente, tracée dans une plaque mobile à l'aide d'une vis micrométrique. Ce procédé procure une très-grande précision dans les mesures, rendues ainsi indépendantes des erreurs systématiques; et en plusieurs cas il donne de meilleurs résultats que les raies des spectres électriques directs.

tre de la lune[1]. En suivant l'un ou l'autre de ces procédés, selon les cas divers, on peut déterminer avec précision la raie obscure ou lumineuse d'une étoile, ou d'un corps céleste quelconque. Il est bien entendu que la lunette doit être pourvue d'un mouvement d'horlogerie, qui la rende mobile et permette de suivre l'étoile, car sans cela on ne pourrait rien faire. On ne peut donc guère se livrer à ces recherches que dans les observatoires munis d'un équatorial de grande dimension. Pour donner une idée de la précision que doit avoir le mouvement de la lunette, je dirai que la fente a tout au plus un dixième de millimètre de largeur; et que c'est dans cet espace que doit demeurer fixement l'image de l'étoile pendant un certain temps, sans quoi on ne pourrait en prendre une mesure exacte.

L'observation des étoiles avec cet instrument a amené des résultats bien plus inattendus que ceux relatifs au soleil. Pour mettre quelque ordre dans cette matière fort abondante, et exprimer en peu de paroles le produit de nombreux travaux, je subdiviserai les étoiles en deux classes, les blanches et les colorées.

Les étoiles blanches comme Sirius, α de la Lyre et de l'Aigle, Rigel etc., ont un spectre presque continu,

[1] L'usage du spectre électrique introduit dans le champ de la lunette est excellent, quand les raies produites par les métaux sont vives et peu nombreuses, parce qu'on voit alors tout de suite s'il y a ou non coïncidence; mais s'il y en a beaucoup, il en résulte de la confusion. L'emploi d'une fente éclairée, mobile à l'aide d'une bonne vis micrométrique, a le même avantage que les raies spectrales et ne produit pas de confusion. Il est facile, du reste, de faire un tableau des positions des raies principales de chaque substance, qui peut servir de terme de comparaison avec les étoiles.

sillonné seulement de raies extrêmement petites, et présentant en certains points la circonstance très-singulière de vastes lacunes noires, Sirius en a deux principales et une troisième plus faible ; elles semblent être à première vue, des fils noirs tendus dans le champ de vision, et la principale coïncide avec la raie solaire *F*. Cette raie se voit dans toutes les étoiles blanches examinées jusqu'à présent. Dans le cas d'α de la Lyre, c'est une vraie lacune qui divise le spectre en deux. Cette raie appartient à l'hydrogène et prouve que ce corps existe dans ces astres. La raie du sodium est plus difficile à reconnaître, mais elle se trouve dans Sirius, ainsi que dans un très-grand nombre des étoiles principales, et on peut soupçonner aussi son existence dans les petites. On a reconnu dans quelques-unes le fer et le magnesium.

Les étoiles colorées présentent des phénomènes assez différents et très-singuliers. Les spectres de ces étoiles, telles que α d'Orion, β de Pégase, Antarès et Aldébaran, sont loin d'être continus comme ceux des autres, et ils sont, au contraire, pleins de lacunes. De larges bandes obscures les interrompent çà et là ; de vives lignes brillantes s'y voient aussi groupées, présentant, au premier aspect, de l'analogie avec la lumière des étincelles électriques ordinaires, ou avec le spectre solaire transmis à travers un gaz absorbant, tel que la vapeur d'iode et l'acide nitreux.

Dans le cas d'α d'Orion (Betelgeuse), on compte 8 grandes raies et 4 petites ; on en compte 5 dans Aldébaran et 4 dans Antarès. Les étoiles jaunâtres, telles que la Chèvre, Pollux et Procyon, ont des raies plus marquées que celles de notre soleil, mais assez semblables. Les étoiles colorées les plus vives sont le plus souvent

très-petites, et il est, d'après cela, assez difficile de déterminer avec précision la conformation de leur spectre; mais on a vu dans plusieurs d'entre elles les couleurs complémentaires, et aucune jusqu'à présent n'a été trouvée monochromatique.

Ces raies si multipliées montrent que les atmosphères de ces soleils sont beaucoup plus absorbantes que celle du nôtre, mais qu'ils contiennent plusieurs des mêmes éléments. On a prouvé la présence du fer, du magnésium et du thallium dans α d'Orion. La raie verte du magnésium correspond dans cette étoile à une raie obscure très-décidée, et il en est de même de la raie rouge plus vive encore; la raie violette tombe sur une partie très-faible du spectre stellaire, mais elle manque aussi. Il semble, chose curieuse, que l'hydrogène n'existe pas dans cette étoile, parce que la raie F y manque, ou y est extrêmement faible, tandis que cette substance abonde dans les étoiles blanches. Cette étoile α d'Orion est la première que j'aie examinée, et son spectre m'a paru comme celui d'une étincelle électrique, ou de la lumière solaire vue à travers l'oxyde nitreux. Les zones lumineuses de l'étoile sont toutes décomposables en raies séparées. On peut aussi se faire une idée de ce spectre, en regardant une flamme d'alcool dans laquelle soit dissout de l'acide borique; les raies obscures sont lumineuses et réciproquement; les quatre premières zones, ainsi renversées, se combinent exactement, et non les autres. L'étoile β de Pégase est presque identique de couleur et de spectre avec α d'Orion.

Les nébuleuses nous ont offert un phénomène inattendu et inverse de celui que présentent les étoiles.

On peut subdiviser ces corps célestes en deux classes : les résolubles en groupes stellaires et les non-résolubles. Les nébuleuses dites planétaires sont en première ligne parmi les non-résolubles ; elles ont un assez grand diamètre, terminé très-distinctement comme le disque d'une planète ; elles sont circulaires ou elliptiques, et ce sont des corps de structure mystérieuse, sur lesquels on a jusqu'à présent beaucoup discouru sans rien décider. Le spectromètre a fourni une solution inattendue de ces problèmes.

Toutes les nébuleuses résolubles présentent un spectre stellaire, c'est-à-dire continu, ou au plus avec quelque interruption. La plus grande partie des non-résolubles n'offre pas un spectre diffus, mais seulement deux ou trois raies lumineuses fines et bien terminées, comme celles des spectres électriques, dans lesquelles se concentre toute leur lumière. M. Higgins a constaté ce fait pour les nébuleuses planétaires, et je l'ai vérifié aussi pour la nébuleuse d'Orion. La forte lumière de cette grande nébuleuse, dans les parties où elle est sans étoiles, ne présente dans tout le spectre que trois raies lumineuses. La première est verte et vive ; tout près de celle-là, il y en a une autre très-fine, d'un vert pur ; la troisième est bleue et se trouve sur la raie *F*, qui est obscure dans le soleil et dans les étoiles blanches. Les deux raies extrêmes coïncident en position avec celles signalées par M. Higgins dans les nébuleuses planétaires ; celle du milieu semble un peu différente. On peut bien voir le contraste des deux spectres dans les parties de la nébuleuse d'Orion où il y a abondance d'étoiles. La lumière des étoiles du trapèze donne lieu à un spectre stellaire, et celui de la nébuleuse superposé, ainsi que les raies

isolées de celle-là, sont si vives, qu'elles se détachent aussi dans le fond du spectre stellaire, comme des zones lumineuses, leur lumière étant si intense qu'elle supporte un plus fort grossissement que les étoiles. La nébuleuse d'Andromède ne présente rien de semblable et paraît être un corps de nature différente.

Ce fait, considéré théoriquement, est d'une immense importance, parce qu'il nous montre que les nébuleuses sont dans un état physique totalement différent de celui des étoiles. Tandis que celles-ci ressemblent à notre soleil, qui est en état d'incandescence et émet des rayons de toute espèce, dont un certain nombre seulement sont absorbés par son atmosphère : les nébuleuses, au contraire, sont à l'état de simple combinaison chimique, comme nos flammes et nos étincelles électriques, et n'émettent de rayons que d'une seule ou d'un petit nombre d'espèces. Les nébuleuses planétaires ressemblent beaucoup à cette singulière nébuleuse, tout à fait irrégulière, dont M. Otto Struve a constaté la variabilité de forme, en la déduisant aussi de nos dessins faits il y a 5 ans. L'idée peut-être la plus approchée de la vérité, que nous puissions nous former de ces singuliers corps, est que les étoiles sont des soleils déjà formés, et que les nébuleuses non-résolubles sont une matière gazeuse, qui se dispose probablement à former d'autres soleils, mais qui n'a encore aucune portion notable de masse à l'état solide, liquide ou de matière cristalline très-mince, parce qu'on devrait y voir alors des rayons de toute espèce, tandis qu'on n'en voit qu'un très-petit nombre.

Nous pouvons ainsi déterminer avec d'autant plus de facilité la matière radiante, d'après la position des raies. La raie principale provient du nitrogène, et correspond

très-approximativement, dans le spectre solaire, à un groupe de raies dans lequel M. Kirchhoff a déjà indiqué qu'il y avait une absorption atmosphérique. La plus éloignée provient de l'hydrogène ; quant à l'intermédiaire, il est encore incertain à quelle substance elle correspond.

Nous avons donc ici des substances connues, et des plus communes sur la terre, qui seraient destinées à former peut-être un jour d'autres planètes telles que la nôtre.

Quant aux étoiles, telles que α d'Orion et β de Pégase, qui donnent des zones colorées isolées et très-vives, je me demande si ce phénomène est en entier l'effet d'une absorption de leur atmosphère. Ces raies si vives, dans un spectre continu et stellaire si languissant, ne pourraient-elles pas provenir d'une combustion directe? Et l'absence dans le spectre d'α d'Orion de la raie noire F, si commune dans les autres étoiles, ne pourrait-elle pas être contrebalancée par la raie lumineuse que nous voyons dans la nébuleuse, pour y indiquer l'hydrogène encore à l'état de combinaison ?

Une telle idée, qui ne me paraît point absurde, nous amènerait à supposer que ces étoiles sont dans un état mixte, intermédiaire entre celui des soleils complets et de ceux qui sont dans leur premier degré de formation. Nous en avons un indice dans ces nébuleuses planétaires munies de noyau, qui ont tout à la fois le spectre continu des étoiles et les raies des nébuleuses. Il est possible, au reste, que cette phase que nous voyons date déjà de milliers d'années, et que, vu l'immense distance de ces astres, la lumière qu'ils nous présentent actuellement soit seulement celle qu'ils avaient dans un temps très-reculé.

« Je dois terminer ce discours, en reconnaissant ma petitesse pour de tels sujets. Les plus grandes questions qu'on puisse se faire sur l'étendue immense de la création, sur la nature et l'homogénéité de la matière dont elle se compose, sur les époques et les phases que parcourent les astres du firmament dans leur formation se présentent en foule ici : mais je ne les aborderai pas davantage, et je dois me borner à avoir esquissé les grandes découvertes par lesquelles la science spectroscopique a débuté, et dont le principe repose sur de très-simples expériences. N'oublions pas que nous n'en sommes qu'au commencement, et que le tout est le fruit de deux années d'études, faites avec des moyens médiocres. Avec le temps et avec des instruments plus puissants, on pourra répondre à bien des questions pressantes, que je me contenterai d'avoir posées.

La création s'agrandit à mesure que les moyens s'augmentent pour l'explorer, et elle a pour unique mesure la gloire de son divin Auteur, qui a dès le commencement imprimé le mouvement à ces corps innombrables. Puissent nos sens et nos esprits jouir de plus en plus de la connaissance de ses œuvres merveilleuses, de même, qu'il y a cinq siècles, les yeux du chantre de Béatrix se délectaient déjà en voyageant à travers les lumières célestes : jusqu'à ce que nous arrivions, enfin, à contempler la gloire de l'Éternel, là où, non-seulement il *commande*, mais où il *règne*, là *où est sa Cité et sa haute retraite !*

———

RECHERCHES

SUR LES COMBINAISONS DU NIOBIUM

PAR

M. C. MARIGNAC.

1er Mémoire.

Introduction.

Hatchett découvrit en 1801, et désigna sous le nom de Columbium, un nouveau métal dans un minéral d'Amérique connu sous les noms de columbite ou de tantalite. Eckeberg, en 1802, signala sous le nom de tantale un métal qu'il avait trouvé dans deux minéraux de Suède, le tantalite de Kimito, et l'yttrotantalite d'Ytterby, et qu'il considéra comme nouveau. Wollaston, en 1809, crut pouvoir établir que ces deux noms avaient été donnés à un même corps. Mais les propriétés de ce corps et ses principales combinaisons ne furent réellement connues qu'à la suite du travail publié sur ce sujet par Berzélius en 1824. Les recherches de ce savant furent exécutées sur l'acide extrait des tantalites de Suède et de Finlande et le nom d'acide tantalique fut généralement adopté depuis cette époque.

Les différences considérables de densité présentées par les tantalites de diverses localités conduisirent à plusieurs reprises les minéralogistes à diviser ces minéraux en plusieurs espèces, et les variations non moins grandes observées dans les densités des acides métalliques qui en

étaient extraits pouvaient faire naître des doutes sur leur identité. Ces observations conduisirent H. Rose à soumettre ces acides à une longue série de recherches dont les résultats furent publiés dans un grand nombre de mémoires insérés dans les *Annalen der Physik und der Chemie von Poggendorff*, de 1844 à 1862 [1].

Rose crut d'abord à l'existence de trois acides distincts par la nature de leurs radicaux métalliques. Il conserva le nom d'acide tantalique à celui des tantalites de Suède et de Finlande qu'avait spécialement étudié Berzélius, et donna les noms d'acide niobique et d'acide pélopique aux deux autres qu'il trouvait mélangés en diverses proportions dans diverses espèces minérales et particulièrement dans les columbites de Bodenmais en Bavière. Plus tard, il reconnut que ces deux acides renfermaient un même métal ; en effet, l'un et l'autre indistinctement, traités par le chlore et le charbon, donnaient naissance aux mêmes chlorures, et, suivant les conditions de température, de proportions de charbon, etc., tantôt à un chlorure blanc que l'eau convertissait en acide niobique, tantôt à un chlorure jaune qui se changeait au contact de ce liquide en acide pélopique. Le plus souvent d'ailleurs, et si l'on ne s'astreint pas dans cette préparation à des précautions très-minutieuses, on obtient un mélange de ces deux chlorures. L'analyse comparative de ces deux chlorures indiqua une plus forte proportion de chlore dans le chlorure pélopique, preuve d'une plus forte proportion d'oxygène dans l'acide pélopique.

[1] T. LXIII, p. 317 ; LXIX, 118 ; LXX, 572 ; LXXI, 157 ; LXXII, 155 et 471 ; LXXIII, 313 et 455 ; LXXIV, 85 et 285 ; XC, 456; XCIX, 65, 481 et 575 ; C, 146, 417 et 551 ; CI, 11 ; CII, 55 et 289 ; CIV, 310, 432 et 581 ; CV, 424 ; CXI, 193, 426 ; CXII, 468, 549 ; CXIII, 105 et 292 ; CXVIII, 339.

Rose dut en conséquence changer les dénominations qu'il avait primitivement données à ces deux acides. Le nom d'acide niobique fut transporté à l'ancien acide pélopique, tandis que celui qui avait d'abord reçu ce nom dut être désigné par celui d'acide hyponiobique. Ce dernier paraît seul exister à l'état naturel dans les minéraux niobifères. Un des faits les plus remarquables qui ressortent des longues recherches de Rose sur ces deux acides, consiste dans l'extrême analogie de leurs propriétés, analogie qui ne se rencontre pas habituellement entre les divers degrés d'oxydation d'un même corps, et l'extrême difficulté que l'on éprouve à passer de l'un à l'autre. Jamais ce savant n'a réussi à transformer l'acide hyponiobique en acide niobique par une oxydation directe, un seul cas de transformation inverse aurait été observé lors de la fusion de l'acide niobique avec le bisulfate d'ammoniaque. Encore cette réduction n'est-elle que partielle, et il semble que Rose ne l'ait conclue que d'une diminution de poids subie par l'acide niobique, diminution qui pourrait s'expliquer par la formation d'un oxyde inférieur autre que l'acide hyponiobique, si même on ne doit pas l'attribuer à quelque perte par projection ou par entraînement. Tous les essais tentés pour transformer directement le chlorure hyponiobique en chlorure niobique par l'action du chlore ont également échoué.

Les résultats généraux obtenus par H. Rose, et que nous venons de résumer, ont été généralement admis par les chimistes. On ne peut nier cependant qu'ils ne laissent plusieurs points fort obscurs dans l'histoire des combinaisons niobiques, et qu'ils en présentent d'autres qui ont été mis en doute.

Berzélius avait adopté pour l'acide tantalique la for-

mule Ta^2O^3. A la suite de ses recherches sur diverses combinaisons du tantale, Rose a préféré la formule TaO^2, mais il reconnaît lui-même que, si elle paraît offrir plus de probabilité que toute autre, elle ne s'appuie cependant sur aucune preuve positive.

La constitution des composés oxygénés du niobium paraît encore moins bien établie. Les deux acides de ce métal offrent tous deux beaucoup d'analogie avec l'acide tantalique, cependant cette analogie est plus marquée entre ce dernier et l'acide niobique. De là la supposition que l'acide niobique aurait une formule analogue, savoir NbO^2. Ce point admis, la comparaison des analyses du chlorure niobique et du chlorure hyponiobique semble indiquer que, si le premier a pour formule $NbCl^4$, le second doit être $NbCl^3$, et que par conséquent l'acide hyponiobique est représenté par la formule Nb^2O^3. Remarquons cependant que ces hypothèses sont loin de s'accorder d'une manière satisfaisante avec les analyses nombreuses exécutées par Rose sur ces deux chlorures.

Rose a signalé les variations de densité considérables qu'éprouvent l'acide niobique et l'acide hyponiobique suivant qu'ils ont été exposés à des températures plus ou moins élevées. Ce fait n'a rien d'anomal, mais ce qui paraît moins explicable, c'est qu'il a observé aussi d'énormes différences dans ces densités, suivant la nature ou la provenance des minéraux d'où ils avaient été extraits, lors même qu'ils avaient subi les mêmes traitements. Ainsi ces variations iraient de 5,208 à 6,5 pour l'acide hyponiobique obtenu par la fusion avec le bisulfate de potasse [1].

En présence de telles différences, il est difficile de

[1] H. Rose, *Chimie analytique*, édition française, T. I, p. 309.

croire à l'identité de ces acides. Ce doute est corroboré par une observation importante faite en 1860 par M. de Kobell[1].

Cet habile minéralogiste a montré que l'acide extrait de l'æschynite, de la samarskite, des columbites d'Amérique et du Groënland, généralement de la plupart des minéraux niobifères, se dissout facilement et complétement dans l'eau après qu'on l'a fait bouillir avec de l'acide chlorhydrique concentré en présence d'une feuille d'étain, et qu'il forme une dissolution bleue parfaitement limpide. Au contraire, l'acide extrait des columbites de Bodenmais, soumis au même traitement, reste presque complétement insoluble, et en tout cas ne donne jamais une dissolution bleue. Une différence d'action aussi caractéristique lui a paru suffisante pour admettre que ces acides étaient complétement distincts et, réservant le nom d'acide hyponiobique à celui des columbites de Bodenmais, puisque c'est cet acide qui a servi aux premières études de Rose et qui a été pour la première fois distingué par lui de l'acide tantalique, il a proposé le nom d'acide dianique pour l'acide extrait des autres minéraux.

Toutefois l'existence propre de ce nouvel acide a été contestée, soit par H. Rose qui, tout en reconnaissant qu'on ne réussit pas toujours à obtenir des réactions identiques avec l'acide hyponiobique de diverses provenances, n'admet pas que ces différences soient assez constantes et assez marquées pour établir une différence fondamentale dans leur nature, soit par M. Hermann qui a constaté l'exactitude des faits annoncés par M. de Ko-

[1] *Journal für praktische Chemie*, LXXIX, 291, LXXXIII, 193 et 449.

bell, mais qui explique la manière particulière dont se comporte l'acide des columbites de Bodenmais par ce fait que, d'après ses recherches, cet acide renfermerait à l'état de mélange le tiers environ de son poids d'acide tantalique[1]. MM. Deville et Damour ont aussi soutenu l'identité de l'acide dianique et de l'acide hyponiobique.

En outre M. Hermann, à qui l'on doit des recherches très-étendues sur les combinaisons du tantale et du niobium[2], soutient sur plusieurs points des opinions très-différentes de celles de H. Rose. Suivant lui, l'acide hyponiobique, auquel il donne le nom d'acide niobeux, mais en lui attribuant toutefois la même formule que Rose, n'existe pas à l'état naturel dans les minéraux niobifères. On ne peut l'obtenir qu'en réduisant par le zinc les acides métalliques extraits de ces minéraux, et en réoxydant ensuite par la fusion avec les bisulfates alcalins l'oxyde brun ou bleu obtenu par cette réduction. Les minéraux niobifères renfermeraient un mélange d'un acide nioboso-niobique, NbO^2,Nb^2O^3 et d'un acide nioboso-seminiobique $NbO^2,2Nb^2O^3$; le premier de ces composés existerait seul dans l'æschynite, le second dans la samarskite. Enfin suivant lui, l'acide niobique serait encore inconnu à l'état

[1] La présence de l'acide tantalique dans le minéral de Bodenmais a été niée par M. Oesten (Pogg. Ann., XCIX, 617; C, 340; CIII, 148); ces divergences s'expliquent probablement par l'existence, reconnue à Bodenmais par M. de Kobell, de deux espèces de columbites, se ressemblant beaucoup par les caractères extérieurs, mais de densités différentes, dont l'une, à laquelle il donne le nom de *dianite*, renfermerait le même acide que les columbites d'Amérique, du Groënland, etc., tandis que l'autre serait la véritable niobite traitée par H. Rose.

[2] *Journal für praktische Chemie*, XXXVIII, 91 et 119; L, 172 et 197; LXV, 54; LXVIII, 65; LXX, 193; LXXIII, 503; LXXV, 62; LXXXIII, 106; LXXXIV, 317.

libre, l'acide auquel Rose a donné ce nom n'étant à ses yeux qu'un mélange d'acide tantalique et d'acide nioboso-niobique.

En présence de résultats aussi divergents, on peut même dire aussi contradictoires sur plusieurs points, il m'a paru intéressant de reprendre l'étude de ces divers acides métalliques, et de chercher surtout si l'examen des fluorures correspondants, et de leurs combinaisons avec les fluorures alcalins, ne conduirait pas à la détermination de leur constitution atomique d'une manière beaucoup plus nette que celui de leurs sels oxygénés.

Dans une note communiquée à l'Académie des sciences de Paris[1], j'ai fait connaître succinctement les résultats des premiers essais tentés dans cette direction sur l'acide hyponiobique. Le fluorure hyponiobique, renfermant trois atomes de fluor, est isomorphe, dans presque toutes ses combinaisons, avec le fluorure titanique ou stannique SnF^4 et avec l'oxyfluorure tungstique WO^2F^2, fait qui serait inexplicable si l'on n'admet que c'est réellement un oxyfluorure $NbOF^3$. Cette supposition entraîne nécessairement pour l'acide hyponiobique la formule Nb^2O^5 [2].

Avant que de passer à la description et à l'analyse des composés qui m'ont conduit à cette théorie, je dois signaler les causes qui m'ont retardé dans la publication de ce mémoire, et la découverte de quelques faits nouveaux qui seront l'objet de publications ultérieures, mais dont la connaissance est nécessaire pour justifier les dénominations que j'ai dû donner à ces composés.

Il m'importait d'abord surtout de démontrer la pré-

[1] *Comptes rendus*, séance du 30 janvier 1865.

[2] J'emploierai exclusivement dans ce mémoire les formules et les poids atomiques. H=1, F=19, O=16, etc.

sence de l'oxygène dans les composés qui avaient été considérés jusqu'ici comme de simples fluorures.

Après un grand nombre d'essais infructueux, j'ai trouvé une réaction extrêmement simple qui en donne la démonstration évidente. Le corps que je considère comme un fluoxyhyponiobate de potasse $NbOF^3,2KF$, se transforme en effet par l'action de l'acide fluorhydrique en excès en un véritable fluohyponiobate $NbF^5,2KF$; ce sel étant anhydre et ne subissant aucune perte de poids par la fusion avec de l'oxyde de plomb en excès, sa composition ne peut être douteuse. Redissous dans l'eau, il reproduit le sel primitif et de l'acide fluorhydrique. Ce fait ne laisse aucun doute sur l'exactitude de l'hypothèse à laquelle m'avaient conduit les relations d'isomorphisme des fluohyponiobates.

Il me fallait ensuite, pour me déterminer sur le choix du nom à donner à cet acide, rechercher quelle était la cause des différences signalées par M. de Kobell entre l'acide extrait des columbites de Bodenmais et celui des autres minéraux niobifères.

Mes premières recherches ont été exécutées sur un acide extrait de la columbite du Groënland ($D=5,36$), et rien dans ce premier travail ne m'y a indiqué l'existence de deux acides distincts. Ayant traité plus tard une certaine quantité de columbite, qui m'avait été fournie par M. Krantz comme provenant de Haddam, Connecticut ($D=5,85$), j'ai été immédiatement frappé par la formation d'un fluosel de potasse différant complétement par sa forme de tous les fluohyponiobates que j'avais obtenus précédemment, et qui s'en séparait aisément, en raison d'une solubilité dix fois moindre. L'étude de ce sel me l'a fait reconnaître pour un fluotantalate de

potasse, et la quantité que j'en ai obtenue m'a prouvé que cette columbite renfermait au moins 10 p. 100 d'acide tantalique.[1] Le reste de l'acide métallique ne différait pas de l'acide hyponiobique.[2]

Cette découverte rendait probable à mes yeux l'explication donnée par M. Hermann des faits signalés par M. de Kobell. Grâce à l'intervention de mon ancien maître et ami, M. le baron de Liebig, M. de Kobell a eu l'extrême obligeance de mettre à ma disposition un bel échantillon de columbite de Bodenmais (D=6,06), reconnue par lui comme identique avec celle qui avait servi aux premières recherches de H. Rose. Ce don précieux m'a permis de traiter 60 gr. de ce minéral, maintenant très-rare. J'en ai extrait l'acide métallique et l'ai converti en fluosel de potasse. A la suite de nombreuses cristallisations j'ai obtenu :

38g,44 de fluotantalate de potasse pur, contenant 21,25 d'acide tantalique, soit 35,4 p. 100.

59,40 de fluoxyhyponiobate, contenant 26,33 d'acide hyponiobique, soit 45,66 p. 100 [3].

[1] Je n'ai pas encore eu l'occasion de constater son identité avec un acide tantalique d'une provenance authentique. Mais sa densité (7,43), la coloration jaune pâle du précipité qu'il forme avec l'infusion de noix de galle, et l'accord de la composition et des propriétés de son fluosel de potasse avec le fluotantalate décrit et analysé par Berzélius et par H. Rose, ne me paraissent laisser aucun doute sur sa nature.

[2] A la réserve toutefois d'une petite quantité d'un autre acide, dont la nature m'est encore inconnue, et dont je reparlerai à propos de la détermination de l'équivalent de l'acide hyponiobique.

[3] Ce sel était aussi mélangé d'une petite quantité d'un autre fluosel moins soluble, renfermant ce même acide signalé ci-dessus dans le minéral d'Amérique.



En voyant croître si rapidement la proportion d'acide tantalique dans les columbites à mesure que leur densité s'élève, on peut présumer que dans celle que Rose a employée dans ses recherches (D=6,39), il devait bien y avoir autant d'acide tantalique que d'acide hyponiobique.

Ainsi l'acide niobique de la columbite de Bodenmais ne diffère en rien de celui des autres minéraux niobifères, lorsqu'il a été séparé de l'acide tantalique qui l'accompagne en grande quantité. M. de Kobell, il est vrai, a soutenu que, s'il en était ainsi, on devrait néanmoins conserver le nom d'acide dianique qu'il a le premier donné à l'acide pur extrait, soit de l'æschynite, soit d'autres minéraux ne renfermant pas d'acide tantalique, et supprimer celui d'acide hyponiobique, puisque le corps étudié sous ce nom par H. Rose n'aurait été qu'un mélange. Mais je ne puis me ranger à cette proposition. Il est incontestable que Rose a découvert le premier l'existence d'un acide distinct qui avait été confondu avant lui avec l'acide tantalique; on ne peut donc lui refuser le droit de le nommer, quand bien même il ne l'aurait pas obtenu à l'état de pureté absolue. On doit remarquer d'ailleurs que toute l'étude faite par Rose sur les propriétés de cet acide ont été exécutées, non sur l'acide brut et impur extrait des columbites de Bodenmais, mais sur la portion de cet acide résultant de l'action de l'eau sur le chlorure hyponiobique blanc, laquelle devait ne plus renfermer d'acide tantalique, et, par conséquent, ne différer en rien de l'acide dianique de M. Kobell.

Ce point établi, et le nom du niobium étant maintenu, celui d'acide hyponiobique ne peut cependant pas subsister, car il implique, entre les deux acides oxygénés de

ce corps simple, une relation évidemment inexacte. Il est vrai que je ne puis rien dire encore sur l'existence et la nature de l'acide niobique de Rose;[1] mais, ou les expériences de ce savant sont exactes, et il résulte alors de la comparaison de ses analyses du chlorure niobique et de l'oxychlorure hyponiobique que l'acide hyponiobique est le plus oxygéné des deux, ou bien, s'il a été induit en erreur, comme l'admet M. Hermann, par un mélange avec l'acide tantalique, cet acide niobique n'existerait pas. Dans le premier cas, ces deux acides présenteraient entr'eux les mêmes rapports de composition que l'acide antimonieux et l'acide antimonique, et ils pourraient être désignés par les noms d'acide niobeux et d'acide niobique. Dans le second il ne resterait qu'un seul acide métallique qu'il conviendrait d'appeler acide niobique. Dans tous les cas je crois donc convenable de rendre à l'acide hyponiobique, tel qu'il existe dans les minéraux niobifères, le nom que Rose lui-même lui avait d'abord attribué, celui d'acide niobique, et c'est celui que j'emploierai dorénavant.

Une autre découverte assez intéressante m'a confirmé dans cette détermination. La quantité assez considérable de fluotantalate de potasse, que j'ai préparée au moyen des columbites d'Amérique et de Bodenmais, m'a permis de purifier ce sel avec beaucoup de soin, ce qui est facile d'ailleurs en raison de la grande différence de solubilité qu'il présente à chaud et à froid. Les analyses que j'en ai faites m'ont donné des résultats à peu près inter-

[1] Une notice toute récente de M. Deville sur la densité de vapeur du chlorure niobique démontre la non-existence de cet acide. (*Voir au bulletin scientifique de ce numéro.*)

médiaires entre ceux qu'avaient déjà obtenus Berzélius et H. Rose, et qui prouvent que le rapport entre le fluor du fluorure potassique et celui du fluorure tantalique est de 2: 5. De plus ce sel présente exactement la même forme cristalline que le fluoniobate de potasse, $2KF,NbF^5$, dont il diffère d'ailleurs complétement par sa solubilité. Il résulte évidemment de ce fait que ce fluosel a pour formule $2KF,TaF^5$ et que l'acide tantalique est Ta^2O^5, ce qui explique parfaitement l'association en proportions variables de l'acide niobique et de l'acide tantalique dans les minéraux sans que leur forme cristalline en soit modifiée. Cette analogie me semble un argument important pour donner à ces deux acides des dénominations semblables.

Je dois encore signaler, dans cette exposition générale des résultats que j'ai obtenus, que je n'ai point trouvé justifiées, du moins pour les columbites sur lesquelles j'ai opéré jusqu'ici, l'assertion de M. Hermann sur un changement dans le degré d'oxydation qu'éprouverait l'acide que l'on en retire, en le réduisant par le zinc et le réoxydant ensuite par la fusion avec les bisulfates alcalins. Je ne prétends point généraliser cette observation, et l'étendre à tous les minéraux niobifères, mais j'ai dû la présenter dans le seul but d'établir que mon acide niobique correspond exactement à celui que ce savant a étudié et décrit sous le nom d'acide niobeux. J'ajouterai un détail relatif à cette réduction par le zinc. Suivant MM. H. Rose et de Kobell, l'action du zinc et de l'acide chlorhydrique sur l'acide niobique ne donnerait jamais lieu à une coloration bleue de la liqueur, tandis que M. Hermann assure que l'on obtient quelquefois, mais pas constamment, cette coloration. J'ai vérifié cette dernière assertion, et je crois que la différence des résultats ob-

tenus ne dépend que de la proportion d'acide chlorhydrique. Si l'on fait bouillir l'acide niobique hydraté avec l'acide chlorhydrique et que l'on jette le tout sur un filtre, la liqueur filtrée et fort acide ne retient en dissolution qu'une très-petite quantité d'acide niobique. Si l'on y ajoute du zinc, elle se colore en brun, puis par l'action prolongée de ce métal ou par l'addition d'ammoniaque tout le niobium est précipité à l'état d'oxyde brun. Le résidu demeuré sur le filtre, presque insoluble dans l'acide chlorhydrique concentré, se dissout facilement dans l'eau en donnant une dissolution à peine trouble et qui devient parfaitement limpide par filtration. Si l'on y introduit du zinc, elle prend peu à peu une couleur d'un bleu intense et reste d'abord parfaitement limpide, mais par le contact prolongé du zinc tout le niobium se précipite à l'état d'oxyde bleu. D'ailleurs l'oxyde brun et l'oxyde bleu, réoxydés par fusion avec le bisulfate de potasse, puis lavés et redissous par l'acide fluorhydrique, donnent avec le fluorure de potassium exactement les mêmes sels que l'acide niobique primitif.

Poids atomique du niobium.

H. Rose a basé sa détermination du poids atomique du niobium sur l'analyse du chlorure jaune de ce métal $NbCl^4$ et a trouvé ainsi le nombre 97,64. Mais si l'on remarque que ce savant ignorait l'association fréquente de l'acide tantalique et de l'acide niobique dans les minéraux et particulièrement dans les columbites de Bavière, et si l'on a égard à l'extrême analogie que présentent le chlorure de tantale et le chlorure jaune de niobium, soit pour la couleur, soit pour le degré de volatilité, on concevra des doutes sur l'exactitude de ce résultat.

M. Hermann a adopté le nombre 104,82. Il le conclut des analyses de six composés distincts, trois chlorures de diverses compositions, et trois sels de soude renfermant des acides distincts correspondant à divers degrés d'oxydation du niobium. Mais rien jusqu'ici ne justifie suffisamment les formules qu'il attribue à ces divers composés, dont plusieurs sont assez compliquées.

En attendant que l'on trouve quelque composé simple du niobium, plus facile à purifier que les chlorures de ce métal, je crois que l'analyse de sels aussi parfaitement cristallisés, et par conséquent faciles à purifier que les fluoxyniobates, est encore le moyen le plus sûr de déterminer au moins approximativement l'équivalent de l'acide niobique et le poids atomique du métal. En effet l'analyse de ces sels, en les décomposant par l'acide sulfurique, évaporant à siccité et reprenant par l'eau, peut se faire sans difficulté avec assez d'exactitude. On obtient directement le poids du sulfate de potasse et celui de l'acide niobique, et la comparaison de ces poids permet de calculer l'équivalent de l'acide niobique.

Cependant cette détermination m'a présenté des difficultés particulières, qui ne me permettent pas encore de fixer cet équivalent avec une entière confiance.

Au commencement de mon travail, après avoir préparé et analysé un grand nombre de fluosels de potasse et d'ammoniaque, j'avais obtenu dans toutes ces analyses des nombres variant entre 268 et 266 pour l'équivalent de l'acide niobique, et comme les chances d'erreur dans la méthode d'analyse tendaient plutôt à diminuer la proportion de potasse relativement à celle de l'acide, j'avais admis provisoirement le nombre 266. Ayant remarqué que, parmi tous ces sels, le fluoxyniobate de potasse,

$2KF, NbF^5, H^2O$, est le plus stable et le plus facile à préparer et à purifier, j'ai converti en ce sel tout l'acide que j'avais extrait de la columbite du Groënland et l'ai soumis à une série de cristallisations successives, en l'analysant après chacune d'elles. J'ai remarqué alors que les nombres obtenus pour l'équivalent de l'acide niobique, qui variaient dans les premières analyses entre 268 et 266, tendaient ensuite toujours à s'abaisser jusqu'à 264, et j'ai cru d'abord que ce dernier nombre résultant de l'analyse du sel après sept ou huit cristallisations devait être le plus exact.

Après avoir traité la columbite d'Amérique, j'en ai également converti l'acide en fluoxyniobate de potasse, et je l'ai soumis au même traitement. J'ai obtenu des résultats analogues, mais plus variables encore. Tous les produits des premières cristallisations m'ont donné un équivalent compris entre 268 et 266; mais à la fin, lorsque les 150 grammes environ du sel avec lesquels j'avais commencé ces opérations ont été réduits à un ou deux seulement, l'équivalent s'est abaissé rapidement jusque vers 250. En même temps j'ai constaté que ce dernier résidu, au lieu de se dissoudre dans 12,5 à 13 fois son poids d'eau, comme cela avait eu lieu jusqu'alors, en exigeait de 50 à 60 parties. Fondu avec du bisulfate de potasse, lavé avec soin, redissous dans l'acide fluorhydrique et mêlé avec du fluorure de potassium, il a reproduit un fluosel qui représentait exactement ces mêmes propriétés, différant ainsi notablement du fluoxyniobate ordinaire. On constate aussi une différence marquée dans la manière dont il se comporte quand on traite par l'eau bouillante le produit de sa fusion avec le bisulfate de potasse. En effet, avec le fluoxyniobate ordinaire, la précipitation de l'acide niobique est absolue, et la liqueur filtrée et évaporée à sic-

cité laisse un sulfate de potasse qui se redissout dans l'eau sans laisser aucune trace de résidu. Il n'en est pas de même avec le produit de la dernière cristallisation; la liqueur filtrée après la fusion avec le bisulfate et l'ébulition, se trouble par l'évaporation et le sulfate de potasse laisse un résidu sensible quand on le redissout dans l'eau. D'ailleurs, cet acide ne m'a donné aucune réaction indiquant la présence de l'acide titanique, ni celle de l'acide stannique ou de l'acide tungstique. Il m'est impossible pour le moment de rien affirmer sur sa nature, j'en avais une trop petite quantité pour le perdre dans des essais qui n'auraient pas été assez convaincants, et je préfère attendre que le traitement d'autres minéraux niobifères m'en fournisse, s'il est possible, de nouvelles quantités.

Il résulte de là que l'acide niobique est mélangé d'une petite quantité d'un autre acide d'un équivalent moins élevé. N'ayant trouvé jusqu'ici aucune réaction permettant de les séparer mieux que ne le fait la différence de solubilité des sels qu'ils forment avec le fluorure de potassium, il demeure incertain si ce mélange abaisse d'une manière notable l'équivalent trouvé par l'analyse du fluoxyniobate de potasse dans ses premières cristallisations.

Mais je pense que, en raison de ce fait, il est plus convenable d'adopter pour cet équivalent un chiffre plus rapproché de la limite supérieure indiquée par ces analyses, c'est-à-dire le nombre 268. Il en résulterait que le poids atomique du niobium serait 94. Il est clair que ces nombres ne doivent être considérés que comme approximatifs et provisoires.

(La suite à la prochaine livraison.)

DE L'ÉCOULEMENT

DES CORPS SOLIDES SOUMIS A DE FORTES PRESSIONS

PAR

M. H. TRESCA.

M. Tresca avait présenté à l'Académie des sciences le 7 novembre 1864 un mémoire dont le titre seul était de nature à piquer la curiosité. Ayant eu l'occasion de voir ce printemps à Paris les nombreux produits des intéressantes expériences de M. Tresca et ayant dû à son obligeance la faveur d'assister à l'une de ces expériences, je me proposais de rendre compte de ses recherches quand j'ai lu, dans le numéro du 12 juin 1865 des *Comptes rendus*, un rapport fait par M. le général Morin au nom d'une commission de l'Académie chargée d'examiner le travail de l'habile professeur de mécanique. Je ne puis donc mieux faire que de transcrire ici le rapport du savant académicien qui résume admirablement bien tout le travail de M. Tresca. Néanmoins je crois nécessaire pour rendre l'exposition du sujet encore plus claire et surtout plus complète, de faire précéder le rapport de M. Morin d'un extrait de la communication faite par M. Tresca lui-même à l'Académie des sciences le 7 novembre 1864.

A. DE LA R.

Extrait de la communication faite par M. Tresca à l'Académie des sciences, le 7 novembre 1865.

Ce mémoire a pour objet : 1° de montrer, par les résultats de nombreuses expériences, que les corps solides peuvent, sans changer d'état, s'écouler à la manière des liquides lorsqu'on exerce à leur surface des pressions suffisamment grandes ; 2° de donner la théorie de cet écoulement et d'indiquer les déductions les plus importantes que l'on peut en tirer pour l'étude des mouvements moléculaires, pour celle du travail mécanique qu'ils exigent et pour diverses autres applications.

Les mêmes phénomènes d'écoulement y sont constatés pour les métaux mous et pour les métaux durs, pour les matières plastiques telles que les pâtes céramiques, pour les matières pulvérisées telles que les grès, pour les matières grenues telles que les plombs de chasse, et, d'une manière moins complète, pour les liquides eux-mêmes.

Ce travail n'a point été fait par suite d'idées préconçues et comme un but que l'on se soit proposé *à priori*. Il ne s'est présenté qu'à la suite d'expériences multipliées, réalisées en premier lieu dans des circonstances complexes, que je me suis efforcé de ramener à des conditions plus simples et telles, que les lois des phénomènes puissent être facilement étudiées.

Dans le Mémoire que j'ai l'honneur de soumettre aujourd'hui au jugement de l'Académie j'expose la méthode à laquelle j'ai eu recours. Afin de pouvoir étudier les déplacements relatifs des diverses parties de la

masse sur laquelle je voulais agir, cette méthode repose sur la décomposition des solides en plusieurs pièces, dont les surfaces de joints, connues à l'avance, se transforment à chaque modification apportée dans la forme générale. Ces surfaces de joints étaient ordinairement planes, parfois cylindriques, lorsque l'on voulait étudier de plus près les déplacements produits autour de l'axe de figure.

Ce premier Mémoire est exclusivement consacré à l'étude de la composition des jets qui se forment, lorsqu'après avoir placé dans un cylindre un bloc composé de rondelles homogènes, on exerce sur l'une des bases de ce bloc un effort, qui s'est élevé quelquefois jusqu'à 100,000 kilogrammes, et qui devait être suffisant pour que la matière s'écoulât par un orifice circulaire, plus ou moins grand, et concentrique avec le cylindre. Ces conditions sont celles du cas le plus ordinaire de l'écoulement des liquides, et les résultats obtenus dans les expériences nouvelles se trouvent écrits sur les échantillons mêmes, après qu'ils ont été coupés suivant l'axe du jet et polis.

Les lignes de joint se sont transformées de manière à faire connaître les déplacements de chacune des molécules, et l'examen des lignes ainsi indiquées donne lieu aux conséquences générales qui suivent :

1° Dans tous les échantillons, sans exception, les faces planes des plaques se sont modifiées au centre de manière à former des surfaces de révolution, presque cylindriques dans le jet, y descendant à une distance plus ou moins grande et se terminant par une calotte qui tourne sa convexité vers l'extrémité du jet.

2° Ces tubes sont parfaitement continus ; ils s'em-

boîtent les uns dans les autres de manière que chaque ligne de joint se trouve représentée, dans les coupes faites par l'axe du jet, par un trait d'une grande finesse et généralement très-régulier.

3° Ces lignes de joint font voir que toutes les molécules qui composaient le bloc primitif viennent individuellement se placer dans le jet, absolument comme le feraient les molécules d'un liquide qui s'écoulerait, sur le bord de l'orifice, comme sur la crête d'un déversoir circulaire.

4° Ces mêmes transformations de surfaces ayant été vues dans deux couches superposées d'un liquide qui s'écoule sous la seule action de la gravité, il faut nécessairement reconnaître que le principe du parallélisme des tranches ne répond pas, au point de vue physique, à la réalité des faits, et qu'il conviendra de les remplacer par un autre principe, celui de la concentricité des couches, lorsqu'on voudra rendre compte des phénomènes tels qu'ils se produisent, tant pour les liquides que pour les solides.

5° Les épaisseurs des calottes qui terminent les plaques dans le jet vont en augmentant à partir de son extrémité dans une progression plus rapide que le nombre des plaques. Pour les premières plaques la différence d'épaisseur est toujours très-faible.

6° Dans les parties où l'un des tubes a pris à peu près la forme cylindrique, à l'intérieur et à l'extérieur, l'épaisseur de ce tube est telle, que sa section diffère très-peu de celle qui représenterait la section totale du jet divisée par le nombre des plaques.

7° On remarque souvent dans l'axe du jet, et particulièrement vers son extrémité, des vides formés entre

les plaques. Ces vides sont accidentels et doivent être attribués au défaut d'adhérence des plaques entre elles. Ils ne se présenteraient jamais dans une masse homogène continue, et il est bon de remarquer que, quand ils se sont formés à la naissance du jet, ils ne se referment pas après sa sortie.

8° Lorsque, par suite de la formation du jet, l'épaisseur du bloc est descendue au-dessous d'une certaine limite, le jet devient creux et en même temps il se contracte de manière à présenter, sous ce double rapport, les phénomènes connus dans l'écoulement des liquides, lorsque la hauteur de chute devient petite par rapport aux dimensions de l'orifice.

9° Quand la hauteur du bloc diminue encore, le métal qui s'écoule se plisse dans tous les sens, et le défaut de résistance résultant de la petite épaisseur à laquelle il est amené ne permet plus de faire d'observations précices; mais, dans ce cas encore, les élongations produites offrent l'aspect des cannelures longitudinales qu'on rencontre dans certaines veines fluides.

10° La forme intérieure de la paroi des jets creux, lorsqu'elle est encore régulière, est extrêmement remarquable en ce qu'elle montre parfaitement le mode de formation d'une veine par l'expulsion de la matière pcomrimée et la résistance que cette matière oppose, par suite de sa cohésion et de sa symétrie, à toute déformation qui ne serait pas symétrique par rapport à son axe de figure.

.... Les faits constatés dans ce travail et les principes qui en découlent doivent jeter un nouveau jour sur l'étude des actions mécaniques au moyen desquelles les corps solides sont modifiés dans leurs formes ou divisés par

le travail des outils. On peut citer comme exemple la diminution de longueur, par rapport à une pièce rabotée, du copeau qui se refoule sur lui-même à mesure qu'il s'en détache sous l'action du burin.

En terminant ma communication, je dirai quelques mots des applications que peuvent faire pressentir ces recherches, dans le domaine purement scientifique.

Les grands phénomènes géologiques ont généralement fait admettre que la matière encore semi-fluide a été injectée, à diverses époques, sous de grands efforts. S'il a été possible, avec les faibles moyens dont la mécanique dispose, de faire couler, à la température ordinaire, les métaux les plus durs, rien ne peut plus s'opposer à ce que l'on admette que, sous les puissantes étreintes des forces de la nature, les plus grandes masses aient été introduites, sans changement d'état, par toutes les fissures et qu'elles aient pu refouler, sous cette action, les masses environnantes. Si l'on veut jeter les yeux sur les résultats comparatifs des expériences faites sur les matières grenues, déplacées par injection et par éboulement, il sera facile de trouver les caractères qui distinguent ces deux ordres de phénomènes, et de décider par conséquent à laquelle des deux causes il faut attribuer un déplacement donné des couches, d'abord horizontales, d'un terrain bouleversé.

La concentricité des couches injectées sous une action mécanique bien moins puissante, mais plus continue, se présente encore dans des phénomènes naturels d'un tout autre ordre.

Il est impossible de ne pas remarquer à première vue l'étroite analogie qui existe entre l'aspect des jets rabotés et celui d'une planche récemment sciée. Dans l'un et

l'autre cas, les couches concentriques sont coupées, parallèlement à l'axe, suivant des lignes presque parallèles, et, dans un sens perpendiculaire, suivant une suite de courbes presque concentriques.

Des expériences spéciales ont fait voir que, quand la section de la matrice n'est pas circulaire, les couches se disposent encore dans le jet parallèlement entre elles, et en conservant dans toute leur longueur la forme de la section primitive dans laquelle elles se sont moulées.

L'analogie ne se borne pas à ce premier rapprochement; dans d'autres essais où le bloc a été successivement rechargé, la surface extérieure du jet porte des bourrelets saillants assez semblables à ceux de certaines tiges cloisonnées. Ces bourrelets sont toujours accompagnés, à l'intérieur, d'un vide qui rappelle celui que présentent, dans certains cas, ces mêmes tiges.

La circulation dans les végétaux semblerait donc être un exemple d'écoulement par couches parallèles, comme si, par impossible et du fait de la résistance des enveloppes, les phénomènes organiques obéissaient à cette loi générale de la mécanique que je cherche à caractériser dans mon Mémoire sous le nom de *loi de l'écoulement concentrique des solides et des liquides*.

Avec un peu plus de hardiesse que je n'oserais en avoir, on pourrait peut-être se laisser aller à penser, d'une manière plus générale, que tous les tissus de l'organisme végétal et animal se développent ainsi par couches concentriques sous l'action des forces incessantes auxquels les principes nourriciers sont soumis. Ce sont là seulement des conjectures qui se sont présentées à moi avec quelque caractère de probabilité.

Rapport de M. Morin sur le mémoire de M. Tresca fait à l'Académie des sciences, le 12 juin 1865.

Ce mémoire présenté par H. Tresca, et dont l'Académie nous a chargés de lui rendre compte, a pour objet l'exposition et la discussion des résultats des expériences nombreuses et variées que l'auteur a exécutées pour étudier les effets de compression et d'expulsion que produisent de grandes pressions exercées sur des corps mous, ductiles ou pulvérents, renfermés dans une enveloppe rigide cylindrique percée à sa base d'un orifice concentrique de dimensions variées.

Les phénomènes remarquables manifestés par les résultats de ces expériences ont été mis sous les yeux de l'Académie : ils ont, pour l'étude des questions les plus délicates de physique moléculaire et pour la mécanique, une importance d'autant plus grande, que jusqu'à ce jour la science était complétement dépourvue de notions théoriques ou expérimentales sur les déplacements géométriques qu'en pareil cas peuvent éprouver les molécules des corps.

Ces belles expériences, sans établir encore peut-être une identité complète, rendent au moins manifeste l'analogie que présentent les circonstances de l'écoulement des liquides avec le passage des corps mous, ductiles ou pulvérulents, lorsque, sous l'action d'efforts suffisamment énergiques, ils sont forcés de passer par des orifices donnés.

Cette analogie est tellement frappante, qu'elle a conduit l'auteur à exposer les faits qu'il a observés, sous le titre en apparence paradoxal de *Recherches sur l'écoulement des corps solides*.

Mais, si cet énoncé a pu d'abord surprendre ceux

qui l'ont entendu, la vue des nombreux spécimens des expériences obtenues sur les matières les plus diverses, depuis les argiles molles jusqu'à des métaux durs tels que l'acier, a montré l'exactitude de l'expression.

Dans son mémoire, l'auteur s'est proposé d'abord les deux objets suivants :

1° Montrer par les résultats de nombreuses expériences, que les corps solides, ductiles, mous ou pulvérulents peuvent, sans changer d'état, s'écouler d'une manière analogue à celle des liquides, lorsqu'on exerce à leur surface des pressions suffisamment grandes ;

2° Donner la marche géométrique de cet écoulement, et indiquer les déductions les plus importantes que l'on peut en tirer pour l'étude des mouvements particuliers des molécules, pour celle du travail mécanique qu'elles exigent et pour diverses autres applications.

L'énoncé seul de la première question en montre toute l'importance et toute la nouveauté : car, s'il ne s'agit ici que des mouvements intérieurs ou intestins qui se produisent dans les corps mous, pulvérulents ou plus ou moins ductiles, sous l'action des efforts puissants que les moyens énergiques, mais limités, dont l'homme dispose aujourd'hui, permettent d'exercer, on comprend tout de suite que les conséquences de ces effets restreints peuvent et doivent, comme l'auteur l'indique dans son mémoire, s'étendre par analogie à certains phénomènes géologiques de la croûte solide de notre globe, incessamment sollicité du centre à la surface par les puissantes étreintes des pressions développées à son intérieur.

Afin de pouvoir observer les mouvements des différentes parties des matières employées aux expériences, les blocs soumis à des pressions qui les forçaient à s'é-

couler sous forme de jets cylindriques étaient particulièrement formés de plaques pour les métaux, ou de couches pour les matières céramiques, afin que les surfaces de joint primitives de ces plaques ou de ces couches pussent être retrouvées dans les jets après leur écoulement. C'est grâce à cette disposition ingénieuse, qui constitue une méthode spéciale d'observation, qu'il a été possible de suivre toutes les transformations subies par la matière et d'étudier les lois géométriques de ces transformations.

Pour ne pas abuser des moments de l'Académie, nous n'entrerons dans aucun détail sur les procédés employés pour produire les écoulements dont les nombreux résultats ont été mis sous ses yeux.

Nous dirons seulement que, pour cette première partie des expériences, les pressions nécessaires ont été produites à l'aide d'une presse hydraulique à quatre cylindres avec laquelle on a exercé des efforts qui pouvaient s'élever jusqu'à 100,000 kilogrammes de pression totale exercée sur les plaques. On a ainsi successivement soumis à l'expérience des matières molles et plastiques, telles que la terre à brique, la terre à porcelaine; des matières pulvérulentes, comme le sable et le plomb de chasse; et enfin des métaux plus ou moins ductiles, tels que le plomb, l'étain, l'argent, le cuivre rouge, le fer, et même l'acier.

Les expériences sur le plomb ont été faites en forçant le métal à passer par des orifices différents, dont les diamètres ont été successivement de 0m, 010, 0m, 030 et 0m, 040. Le diamètre extérieur primitif du bloc était de 0m, 100 et le nombre de plaques de plomb dont il se composait a varié de 2 jusqu'à 20 pour la série la plus complète.

D'autres observations sur des blocs de 0^m, 050, et avec des orifices d'écoulement de 0^m, 020 seulement, ont été exécutées sur le plomb, sur l'étain, sur le cuivre et sur l'argent, en se servant presque toujours de la presse hydraulique et accidentellement d'un balancier que possède le Conservatoire.

Plus tard, des expériences ont été faites sur des blocs de 0^m, 039 de diamètre seulement, soit avec la presse hydraulique sur le plomb, sur l'étain et sur l'argent, soit avec le balancier de la Monnaie, pour le cuivre et pour l'acier.

« Quant aux pâtes céramiques, les expériences ont été exécutées en comprimant, soit par des charges directes, soit à l'aide de la presse hydraulique, des blocs de 0^m, 100 de diamètre renfermés dans des boîtes de même dimension. Les diamètres des jets ont varié de 0^m, 020 à 0^m, 050, et les expériences sont au nombre de vingt-trois.

Sur les matières pulvérulentes, on a opéré soit par pression de bas en haut pour conserver la forme des jets, soit par écoulement naturel. En imprégnant ensuite ces jets après l'expérience, avec la cire fondue, on est parvenu à leur donner une solidité suffisante pour qu'il fût possible de les couper.

Des expériences analogues ont été exécutées sur le plomb de chasse, à l'aide de moyens semblables.

Enfin, et pour rendre l'analogie plus remarquable encore, l'auteur a opéré de la même manière sur des liquides superposés, en ayant soin d'en employer de densités peu différentes, de l'eau et de l'huile légèrement colorée en vert par son séjour dans un vase de cuivre.

Les résultats généraux de toutes ces expériences

déjà fort variées, et dont l'auteur étend encore le cercle, sont exprimés dans son mémoire sous forme de conclusions, dont nous ferons connaître l'importance en les résumant succinctement, et dont l'exactitude a été d'ailleurs constatée par plusieurs membres de l'Académie qui les ont appréciées de leurs propres yeux.

Dans tous les échantillons des corps expérimentés, et même dans les liquides, les faces planes de joint des plaques ou des couches se sont, sans exception, modifiées au centre en formant des surfaces de révolution, qui se rétrécissent de plus en plus à la sortie et deviennent presque cylindriques en constituant vers la partie du jet la plus rapprochée de l'orifice des tubes concentriques distincts.

Ces tubes, parfaitement continus, s'emboîtent exactement les uns dans les autres à partir de leur naissance dans le bloc, de manière que chaque ligne de joint se trouve représentée, dans les coupes faites suivant l'axe, par un trait d'une grande finesse et généralement très-régulier.

Les lignes de joint font voir que toutes les molécules du bloc viennent individuellement et successivement se placer dans le jet.

Les épaisseurs des calottes qui, dans le jet, correspondent à chaque plaque augmentent en commençant depuis la partie extérieure du jet ; pour celle-ci, la différence d'épaisseur entre elle et la plaque dont elle provient est toujours très-faible.

Les épaisseurs des calottes qui terminent les plaques dans le jet, sont telles, que les distances des différentes lignes de joint à l'extrémité, lorsqu'on les mesure suivant l'axe, augmentent dans une proportion plus rapide

que le nombre des plaques. Pour les premières plaques la différence d'épaisseur est toujours très-faible.

Dans les parties où l'un des tubes a pris la forme à peu près cylindrique, à l'intérieur et à l'extérieur, l'épaisseur de ce tube est telle, que sa section diffère très-peu de celle qui représenterait la section totale divisée par le nombre des plaques. Un grand nombre de mesures prises sur les coupes, particulièrement dans les jets en pâtes céramiques, satisfont avec une étonnante exactitude à cette observation.

Toutes les expériences, dont il est question dans le mémoire, ont été faites, comme on l'a dit, sur des blocs cylindriques renfermés dans une enveloppe solide, de même forme et de même diamètre, percée à son fond d'un orifice circulaire concentrique dont le diamètre a varié, et la pression s'exerçait à la face supérieure.

Or, en remarquant que, dans les expériences, le bloc cylindrique sur la base duquel s'exerçait la pression étant ainsi toujours renfermé dans une enveloppe de forme invariable, les épaisseurs seules des plaques diminuaient à mesure qu'une partie du solide était expulsée, l'auteur a été naturellement conduit à en conclure qu'outre le mouvement vertical de déplacement manifesté par la formation d'un jet, il se produisait dans chacune des couches horizontales un mouvement dirigé de la circonférence au centre.

D'après ces considérations tout à fait logiques et conformes d'ailleurs à l'apparence des surfaces de joint des plaques qui manifestent ces mouvements, l'auteur a pu concevoir le bloc primitif comme composé à l'origine d'un cylindre central de même diamètre que l'orifice d'écoulement, et d'un cylindre annulaire extérieur au premier.

Pendant les diverses transformations éprouvées par ces deux cylindres, lorsque, sous l'action d'une pression extérieure énergique, leur hauteur, ainsi que le diamètre du cylindre central, diminuent, il se forme en dehors de l'orifice un jet dont la longueur s'accroît jusqu'à ce que, la totalité du bloc primitif étant à peu près expulsée, les deux cylindres se soient complétement transformés en un jet de même volume total. C'est en étudiant ces modifications successives que M. Tresca a pu suivre la marche des molécules.

Partant en effet des considérations précédentes et de l'invariabilité à peu près complète, constatée par des expériences spéciales, de la densité et du volume des blocs, malgré leurs déformations, l'auteur, par un heureux choix des coordonnées qu'il a employées, selon qu'il s'est agi de diverses parties du solide déformé, a déterminé les équations des lignes dans lesquelles se transforment les génératrices du cylindre central, ainsi que les rayons du cylindre annulaire extérieur, à mesure que la déformation progresse.

La composition des blocs primitifs qu'il avait, dans ses expériences, formés de plaques ou de couches homogènes, d'épaisseurs tantôt égales et tantôt différentes, lui a permis de suivre, à l'aide du calcul comme par l'observation, la marche de leur passage par l'orifice et de leur répartition dans le jet, et de déterminer l'équation de la trajectoire d'un point quelconque du bloc primitif.

Sans suivre l'auteur dans cette discussion délicate, pour laquelle il a adopté une marche qui pourrait probablement être étendue avec succès à d'autres études sur les mouvements moléculaires des corps dont les défor-

mations sont permanentes, nous nous bornerons à dire que les formules auxquelles il est parvenu représentent, avec une exactitude très-satisfaisante, les résultats des observations.

Nous ne citerons que deux exemples caractéristiques de ces vérifications. L'un est relatif à la détermination des distances respectives des extrémités des jets, sous forme de capsules cylindriques auxquelles donnent lieu les diverses plaques ou couches d'égale épaisseur qui constituaient des blocs en plomb, en métaux divers ou en matières plastiques. L'autre est la courbure, suivant une hyperbole d'un degré supérieur, dans laquelle s'est transformée chaque génératrice du cylindre central, lorsque le bloc tout entier a été expulsé par la pression.

Les mesures et les tracés déduits des formules présentent avec les résultats des observations une concordance générale parfaite quant aux formes, et qui, sous le rapport des dimensions mêmes, laisse si peu de chose à désirer que l'on peut regarder la vérification des formules comme aussi satisfaisante qu'il est possible de l'obtenir dans des recherches de ce genre.

L'auteur du mémoire dont nous rendons compte à l'Académie a donc déjà résolu en partie, pour les corps solides qu'il a soumis à ses expériences, la question si délicate que, dans son *Mémoire sur les expériences hydrauliques relatives aux lois de l'écoulement de l'eau*, notre illuste confrère, M. Poncelet, posait dans les termes suivants (p. 155) :

« La question des mouvements des molécules liquides et de la forme des courbes qu'elles présentent soit à la surface, soit à l'intérieur de la veine, est de la plus grande importance dans l'état actuel d'imperfection de

la théorie ; et, si l'on parvenait à la résoudre, même grossièrement, par des observations directes, et pour différents cas distincts, on mettrait la géométrie sur la voie de beaucoup de recherches utiles, jusqu'ici inabordables. »

L'auteur n'a encore fait connaître que la première partie des recherches qu'il poursuit avec une énergique persévérance, mais on voit par cette analyse succincte que son mémoire contient assez de faits nouveaux et importants pour qu'il paraisse digne de tous les encouragements de l'Académie, et votre commission vous propose d'en ordonner l'insertion dans le *Recueil des savants étrangers.*

THÉORIE DE L'ANGLE UNIQUE
EN PHYLLOTAXIE

PAR

M. C. DE CANDOLLE.

Les botanistes donnent le nom de Phyllotaxie à l'ensemble des lois qui régissent la disposition des organes foliacés sur les tiges. Cette partie de la science a produit deux théories opposées. Depuis C. Schimper qui le premier a signalé l'arrangement spiral, presque tous les botanistes ont admis que la distance angulaire qui sépare les feuilles varie non-seulement d'une espèce à une autre, mais fréquemment aussi dans les différentes parties d'un même individu. Il est vrai qu'ils ont atténué cette apparente complication en signalant des lois remarquables qui relient entre eux ces différents angles. En 1838, deux savants français MM. Bravais et Martins, émirent l'opinion inverse que la distance angulaire des feuilles est constante non-seulement dans les diverses parties de chaque individu, mais même d'une manière générale pour toutes les plantes phanérogames à feuilles alternes. Malheureusement MM. Bravais et Martins n'ayant pas démontré le théorème qui doit servir de base à leur manière de voir, leur hypothèse a eu peu de faveur auprès des maîtres de la science qui continuent à admettre l'existence de plusieurs angles différents.

Ce n'est donc pas sans avoir longtemps hésité que je me hasarde aujourd'hui à plaider la cause de l'angle unique. Afin de faire comprendre la nature de cette question, il me semble nécessaire de rappeler brièvement les traits principaux de l'ancienne théorie.

On comprend qu'on a dû être amené de bonne heure à rechercher les lois de la disposition des feuilles.

L'importance de cette étude est manifeste. Puisque les parties de la fleur ne sont que des feuilles modifiées, leur mode de disposition, leur symétrie comme on dit en botanique, doit être soumise aux mêmes lois. Réciproquement, si on trouve dans la symétrie des parties de la fleur les mêmes lois qu'en phyllotaxie, on aura une preuve de plus de l'identité fondamentale des feuilles modifiées et des feuilles ordinaires.

Un coup d'œil jeté sur un certain nombre de plantes fait bien vite voir que les feuilles sont tantôt éparses à des hauteurs différentes le long de la tige, tantôt réunies par groupes d'un nombre plus ou moins grand de feuilles placées à une même hauteur.

Dans le premier cas, les botanistes disent que les feuilles sont alternes et dans le second cas ils appellent verticille l'ensemble des feuilles situées à une même hauteur.

En examinant les choses avec un peu plus d'attention, on trouve que les feuilles alternes ne sont point disséminées au hasard. Si on les suit toutes de bas en haut, en partant de l'une d'entre elles, on verra qu'après avoir tourné un certain nombre de fois autour de la tige on rencontrera une nouvelle feuille qui semblera située exactement au-dessus de celle dont on est parti. On observe que les feuilles intercalées entre celles qui semblent ainsi

superposées sont séparées par une même distance angulaire. Si donc on prend une feuille quelconque pour origine, il faudra toujours tourner le même nombre de fois autour de la tige et passer par le même nombre de feuilles intermédiaires avant d'en trouver une qui se superpose à la première.

L'ensemble formé par une première feuille et celles qui suivent jusqu'à ce qu'on en trouve une située au-dessus de la première, est ce qu'on nomme un *cycle*. En divisant le nombre de fois qu'il faut faire le tour de la tige pour parcourir tout un cycle, par le nombre des feuilles qui forment ce cycle, on obtient la valeur de l'angle qui sépare deux feuilles consécutives. Cet angle est ce qu'on nomme la *divergence des feuilles.*

En étudiant un grand nombre de plantes différentes, on trouvera que les cycles ne sont pas toujours composés d'un même nombre de feuilles, et en déterminant la divergence correspondant à chacun de ces cycles on trouvera des angles différents.

Or les botanistes, après avoir ainsi déterminé la divergence des feuilles dans un grand nombre de plantes et dans les diverses parties de ces plantes, ont reconnu que tous les angles mathématiquement possibles n'existent point dans la nature. Bien plus, tous ceux qu'ils ont trouvés rentrent dans une des séries suivantes :

$$\frac{1}{2}\ \frac{1}{3}\ \frac{2}{5}\ \frac{3}{8}\ \frac{5}{13}\cdots$$

$$\frac{1}{3}\ \frac{1}{4}\ \frac{2}{7}\ \frac{3}{11}\ \frac{5}{18}\cdots$$

$$\frac{1}{4}\ \frac{1}{5}\ \frac{2}{9}\ \frac{3}{14}\ \frac{5}{23}\cdots$$

La première de ces séries fournit à elle seule presque tous les angles connus et ceux des séries suivantes sont deplus en plus rares à mesure qu'on s'éloigne de la première.

On voit d'ailleurs que chaque terme d'une série peut se former au moyen des deux précédents en additionnant leurs nominateurs et dénominatieurs.

Il en résulte que chaque série n'est autre chose que la suite des réduites d'une fraction continue de la forme simple

$$\cfrac{1}{a + \cfrac{1}{1 + \cfrac{1}{1 \ldots}}}$$

Ainsi on est arrivé à formuler la loi générale de la disposition des feuilles alternes de la manière suivante :

La divergence des organes foliacés est toujours égale à une des réduites d'une fraction continue de la forme

$$\cfrac{1}{a + \cfrac{1}{1 + \cfrac{1}{1 \ldots,}}}$$

et de toutes les fractions continues de cette forme, celle qui fournit le plus grand nombre des divergences connues est celle

$$\cfrac{1}{2 + \cfrac{1}{1 + \cfrac{1}{1 \ldots}}}$$

qui donne lieu aux angles de divergence de la série

$$\frac{1}{2}\ \frac{1}{3}\ \frac{2}{5} \ldots.$$

Le fait que tous les angles de divergence qui existent dans la nature sont les différences réduites de quelques fractions continues simples, a paru un mystère. On a pensé que ces rapports singuliers des angles de divergence entre eux cachaient quelque secret extraordinaire.

C'est ce mystère que MM. Bravais et Martins ont essayé de sonder dans le mémoire cité plus haut.

Ils furent frappés, d'une part, de ce que les angles de chaque série de la nature sont tous des approximations successives d'une même fraction continue, et d'autre part, de ce qu'on n'observe jamais les termes élevés de ces séries que dans les cas d'une grande condensation des feuilles. Cette considération les conduisit naturellement à penser que les divergences d'une même série ne sont, au fond, que des approximations successives d'un seul et même angle. Ils furent confirmés dans cette opinion par la remarque que les divergences d'ordre un peu élevé dans chaque série sont en réalité si peu différentes les unes des autres, qu'ils doivent différer extrêmement peu de la véritable valeur de la fraction continue, dont ils sont les réduites.

Ainsi, dans la série la plus connue, $\frac{3}{8}$ et $\frac{5}{13}$ ne diffèrent que de $\frac{1}{104}$ de circonférence, quantité inappréciable à l'œil sur presque toutes les tiges.

Malheureusement MM. Bravais et Martins n'ont pas poussé leur investigation au delà de ces rapprochements. Ils se sont contentés d'exposer avec clarté et précision un certain nombre de conséquences importantes de l'arrangement spiral, telles que la nature des parastiches et les différences essentielles entre la disposition alterne et la disposition verticillaire. La plupart des botanistes ont

trouvé le mémoire de MM. Bravais et Martins trop mathématique et point assez concluant. La théorie de l'angle unique a été ainsi rejetée par presque tout le monde, sans qu'on l'ait examinée à fond.

Il m'a toujours semblé cependant qu'on ne pourrait jamais comprendre le véritable rôle des fractions continues dans la nature, sans avoir établi d'abord toutes les conséquences mathématiques de l'arrangement spiral.

L'existence des séries de réduites est-elle une conséquence nécessaire de l'arrangement spiral? Telle est la question qui m'a paru résumer tout le conflit, et je me suis appliqué à la résoudre. Dans ce but, j'ai cherché à déterminer géométriquement la relation générale de points équidistants disposés en hélice autour d'un cylindre, par rapport à l'un d'entre eux pris comme origine. On voit que je n'ai abordé que le cas de points situés sur une seule hélice. C'est celui des feuilles alternes, et je m'en réfère, pour tout ce qui concerne les verticilles, au mémoire de MM. Bravais et Martins, dans ce qu'il contient de général sur ce sujet[1]. Cela dit, je vais démontrer le théorème suivant, dont les conséquences seront décisives.

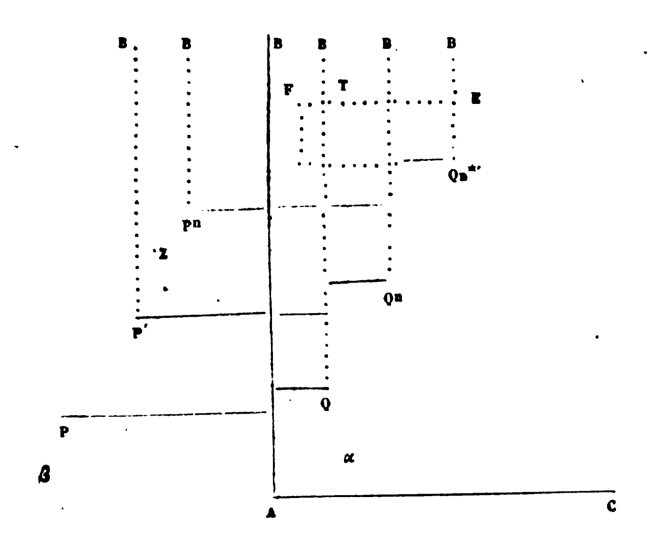
Théorème.—Si on a une suite de points séparés par une même distance angulaire irrationnelle, et dont le lien géométrique soit une hélice enroulée autour d'une surface cylindrique, il existera une série de ces points qui seront de plus en plus rapprochés de la directrice passant par l'un d'entre eux pris comme origine, et tels que chacun d'eux

[1] Mon ami M. L. de la Rive, connu par ses travaux de physique mathématique, a bien voulu vérifier l'exactitude de mes démonstrations, et je saisis avec empressement l'occasion de lui témoigner ma vive reconnaissance.

en sera plus rapproché qu'aucun des précédents. Ces points, de plus en plus rapprochés de cette directrice, seront situés alternativement de chaque côté d'elle.

Pour le démontrer, supposons qu'on ait développé la surface cylindrique ainsi que l'hélice sur un plan B A C, soit A B la directrice passant au point d'origine. Soit δ la divergence des points que je supposerai tous numérotés à partir du point A, pris comme 0.

Supposons qu'après un premier tour de circonférence l'hélice coupe la directrice A B entre deux numéros distants de cette ligne, l'un de l'angle α à droite, et l'autre de l'angle β à gauche.



Si δ est irrationnel, α et β doivent être incommensurables. Examinons d'abord le cas où α est plus petit que β, et est contenu au plus n fois dans β, n étant entier. Au second tour, la distance de droite à la directrice

sera égale à 2 α, et celle de gauche à $\beta-\alpha$. Il est clair qu'à chaque tour la distance de droite ira en augmentant et celle de gauche en diminuant, jusqu'à ce qu'on rencontre un point distant à gauche de $\beta-n\alpha$. Au tour qui suivra, la distance de gauche sera de nouveau plus grande, et celle de droite égale à $(n+1)\ \alpha-\beta$. Ce dernier angle est nécessairement plus petit que α. A partir de ces deux distances minima $\beta-n\alpha$ et $(n+1)\alpha-\beta$ les distances de droite vont de nouveau en augmentant, et celles de gauche en diminuant.

Dans le cas où β aurait été contenu un certain nombre de fois dans α, c'est le contraire qui aurait eu lieu. Dans l'un et l'autre cas, on trouvera nécessairement au-dessus de A deux points situés à droite et à gauche, à des distances plus petites qu'aucune de celles qui précèdent et qu'aucune de celles qui suivent immédiatement.

On conçoit qu'il doit exister d'autres distances minima au-dessus de ces deux premières. Pour comprendre comment ces autres minima se suivront, examinons le cas général où on aurait trouvé deux points P et Q situés à droite et à gauche de A B, tels que leurs distances P et Q à cette ligne fussent plus petites qu'aucune de celles qui précèdent, et tels qu'il n'y ait entre P et Q aucun autre minimum plus petit que P le plus grand.

Soit T le nombre de tours que l'hélice fait entre A et Q, et R le nombre de ces tours entre A et P. Supposons la différence T—R quelconque. Voyons d'abord le cas où Q serait compris au plus n fois dans P.

Menons la directrice Q B. Après T tours au-dessus de Q, on trouvera un point Q" distant à droite de Q B de l'angle Q. Entre Q et Q', il n'y aura pas de point plus rapproché de Q B que Q'. En menant la directrice Q' B et répétant

le même raisonnement, on trouvera une série de points Q Q′ ... Q^n, qui seront les plus rapprochés de A B qui puissent exister entre A et Q^n à droite.

De même, en faisant R tours au-dessus de Q Q′, etc., on trouvera une série de points P′ P″ P^n de plus en plus rapprochés à gauche de A B, et tels que ce dernier P^n en soit distant de P—N $Q < Q$. Ce dernier point sera plus rapproché de A B qu'aucun de ceux qui précèdent. De plus, il ne peut y en avoir aucun autre entre P^n et P^{n-1} à gauche de P^n entre les directrices P^n B et P^{n-1} B. Car supposons qu'il en existât un, tel que z. Menons la directrice z B. Le point P^n devrait être séparé de z B par un angle moindre que Q.

Or, pour trouver au-dessus de z, à droite de la directrice z B, un point qui n'en soit pas plus éloigné que Q, il faut faire plus de T tours. D'autre part, il ne saurait y avoir T tours possibles entre z et P^n. Donc, tout point situé entre P^n et P^{n-1}, à gauche de P^n, doit en être distant d'un angle plus grand que Q.

On pourrait en dire autant de tous les points situés entre P^{n-1} et P^{n-2}, à gauche de P^{n-1}, et ainsi de suite jusqu'aux points situés au-dessous de P à gauche. D'ailleurs il est clair qu'au-dessus de P^n les distances de gauche vont de nouveau en augmentant.

Donc P^n est le premier minimum plus petit que Q. Il est situé de l'autre côté de A B et égal à l'avant-précédent, diminué d'un nombre entier de fois le précédent.

On pourrait répéter le même raisonnement sur P^n et Q envisagés ensemble. On trouverait du côté de Q une série de points allant en se rapprochant de A B, et si P^n est compris M fois dans Q, on arrivera à un point distant à droite de A B, de P^n—M Q, plus rapproché de cette ligne

qu'aucun des précédents. On prouverait comme ci-dessus que tout point situé à droite de $P^n - MQ$, et au-dessous, en est distant d'un angle plus grand que P^n. En jetant un coup d'œil sur le rectangle EFQ^{n+1} formé en menant après R tours au-dessus de Q^{n+1} la ligne $EF = P$, on voit que $Q^{n+1} - P$ est égal à $Q - P^n$. D'autre part, si P^n est contenu au plus une seule fois dans Q, le minimum de droite qui suit P^n doit être $Q - P^n$. On voit que ce cas n'est autre que celui où Q^{n+1} est minimum.

Il est bon aussi de remarquer que tout ce qu'on a dit dans le courant de la démonstration reste vrai si P et Q sont au même niveau, c'est-à-dire lorsque nos deux premiers numéros correspondent à des minima.

Enfin, il est clair que tous ces raisonnements conduiraient aux mêmes résultats, en supposant Q plus grand que P.

Donc, au-dessus des deux minima P et Q, ou $\beta - n\alpha$ et $(n+1)\alpha - \beta$, il y en aura une série d'autres situés alternativement de chaque côté de A B, et les numéros correspondants à ces minima seront toujours plus rapprochés de A B qu'aucun de ceux qui les précèdent. C. Q. F. D. Les numéros correspondants à ces minima seront toujours précédés et immédiatement suivis de points plus éloignés qu'eux de la directrice A B. En outre, après chaque minimum, il faudra remonter dans l'hélice au moins aussi haut pour en trouver un nouveau minimum plus petit.

On voit que le nombre de tours de l'hélice entre l'origine et un de ces points de plus en plus rapprochés est toujours égal à la somme du nombre de tours entre l'origine et l'avant-précédent minimum augmenté d'un nombre entier de fois le nombre de tours correspondant

au précédent minimum. Les numéros correspondant à ces minima croissent suivant la même loi.

Donc, si pour chacun de ces minima on forme la fraction qui a pour nominateur le nombre de tours et pour dénominateur le numéro correspondant, on a une suite d'approximations de la divergence qui se suivent en produisant une série de la forme

$$(1) \qquad \frac{p}{q}, \frac{r}{s}, \frac{p+nr}{q+ns}, \frac{r+(p+nr)n'}{s+(q+ns)n'} \cdots$$

Ces fractions sont évidemment la suite des réduites d'une fraction continue de la forme

$$\cfrac{1}{a+\cfrac{1}{b+\cfrac{1}{n+\cfrac{1}{n' \ldots}}}}$$

Tout ce qu'on a dit d'une hélice s'enroulant sur un cylindre peut se dire d'une hélice s'enroulant sur un cône ou sur un cône tronqué ou renversé. Il suffit pour appliquer la démonstration à de semblables surfaces de supposer les différents points projetés sur un cylindre enveloppant, en conservant leurs distances angulaires.

Dans le cas particulier où les quotients successifs $n\ n'\ n'' \ldots$ sont tous égaux à l'unité et où les deux premiers minima ont lieu au premier tour, la fraction continue prend la forme

$$\cfrac{1}{a+\cfrac{1}{1+\cfrac{1}{1 \ldots}}}$$

où on reconnaît celle qui donne naissance aux angles de divergences observés dans la nature.

Il est bien évident que ce sont les points de plus en plus rapprochés de la directrice A B que l'œil sera tenté de considérer comme situés sur cette verticale.

Plus le pas de l'hélice sera raccourci, plus sera grande l'exactitude avec laquelle l'œil jugera le véritable écartement des points. Si donc nous supposons que le pas de l'hélice aille en se raccourcissant, ce sont les points de plus en plus rapprochés de la directrice AB qui sembleront successivement superposés au point d'origine. Il est clair que si la divergence est telle que la fraction continue soit

$$\cfrac{1}{2+\cfrac{1}{1+\cfrac{1}{1\ldots}}}$$

chaque superposition apparente produira un des cycles de la série :

$$\frac{1}{2}\quad\frac{1}{3}\quad\frac{2}{5}\ldots$$

et toutes les valeurs de la divergence qui correspondraient à une des autres fractions continues observées fourniraient les différents termes de la série correspondante.

Si l'angle de divergence n'est pas irrationnel, on ne trouvera qu'un certain nombre de points de plus en plus rapprochés donnant les termes correspondants aux premières réduites, et le dernier de ces points sera situé exactement sur la ligne AB. Dans ce cas-là, quelle que soit la petitesse du pas de l'hélice, il ne pourra y avoir de superposition plus apparente que celle correspondant à ce dernier point.

Dans l'un et l'autre cas, soit que la superposition exacte n'ait lieu qu'après un certain nombre de points de plus en plus rapprochés, soit que la divergence soit irrationnelle, *les cycles de plus en plus apparents correspondront à une série de valeurs de plus en plus approchées de la divergence et formant une suite telle que la série* (1), *cette suite pouvant prendre les formes observées dans la nature.*

Revenons maintenant à la question botanique.

Sur un même rameau on voit apparaître successivement une série de cycles d'ordres de moins en moins élevés à mesure que l'axe du rameau s'allonge et tous ces cycles successifs correspondent aux termes d'une série de la forme (1). Donc en vertu de ce qui précède ces séries de cycles qu'on retrouve chez diverses plantes ou dans les différentes parties d'une même plante, correspondent chacune à un seul et même angle de divergence que l'œil apprécie plus ou moins bien, suivant la condensation plus ou moins grande des feuilles.

On peut alors prendre indifféremment pour la valeur de cet angle ou bien le terme le plus élevé de chaque série, ou bien la limite vers laquelle tend cette série. Dans le premier cas on admet un angle unique rationnel qu'il faudra changer contre un autre dès qu'on trouvera un terme plus élevé de la même série.

Dans le second cas on admet un angle unique irrationnel qui expliquera tous les cas présents et à venir.

Les botanistes ont paru s'effrayer de ce terme: *irrationnel.* Mais que veut-il dire en langage botanique? Il signifie uniquement qu'aucune feuille n'est rigoureusement superposée à une autre. Ne pourrait-il pas y avoir quelque raison anatomique qui exigeât que les feuilles, au

moment où elles naissent très-rapprochées les unes des autres sur un cône végétatif, ne fussent pas exactement superposées ?

En admettant la théorie de l'angle unique, on verra que de tous ceux qui existent dans la nature, le plus grand est celui de la série la plus commune

$$\frac{1}{2} \quad \frac{1}{3} \quad \frac{2}{5} \ldots$$

Cet angle est celui pour lequel la surface de tige est la plus près d'être égale des deux côtés d'une même feuille. Or les botanistes ont observé que dans le cas où les limbes de feuille ne sont pas symétriques, leur plus grand développement a toujours lieu du côté de l'angle le plus grand.

Si, comme on le dit, les angles correspondant aux autres séries sont plus fréquents chez les végétaux fossiles, la fréquence de l'angle plus grand compris entre $\frac{1}{2}$ et $\frac{1}{3}$ indiquerait-elle une tendance vers une symétrie plus grande des limbes ?

Enfin le fait que l'angle compris entre $\frac{1}{2}$ et $\frac{1}{3}$ est commun à presque tous les phanérogames, ainsi qu'à un grand nombre de cryptogames, est certainement un indice de la communauté d'origine de tous ces végétaux. Il me semble que je ne saurais trop insister, en terminant, sur cette conséquence de la théorie de l'angle unique.

BULLETIN SCIENTIFIQUE.

PHYSIQUE.

L. Dufour. Note sur un coup de foudre. (*Bulletin de la Société vaudoise des sciences naturelles*, n° 52.)

Dans la nuit du 23 au 24 juin 1864, un orage violent éclata dans le voisinage de Lausanne. La foudre tomba à plusieurs endroits et notamment sur une maison à l'orient de la ville, du côté de Beaulieu. Cette maison est au milieu d'un pré légèrement en pente ; il y a plusieurs grands arbres dans son voisinage immédiat, entr'autres des noyers.

Le toit est pourvu de deux pointes de paratonnerre communiquant avec le sol à l'aide d'un seul conducteur. Ces pointes ont été frappées toutes les deux dans la nuit du 23 juin ; la maison n'a éprouvé aucun accident, mais le paratonnerre a été endommagé.

Les deux pointes s'élèvent à 5 mètres à peu près au-dessus du faîte du toit. Elles sont reliées, à leur base, à une corde formée de 15 fils de laiton. Cette corde métallique suit le faîte parallèlement, puis se continue par un conducteur en fer, à section carrée de 16 millimètres de côté, qui longe obliquement le toit, descend à l'angle N.-E. et pénètre dans la terre à environ 3 mètres du mur de la maison.

Les pointes, qui sont en fer, se terminent par une pièce de laiton vissée soignement à leur extrémité. Cette pièce, en forme de cône, a 2 centimètres de diamètre à la base et 15 centimètres de hauteur. Le sommet tronqué présente une petite cavité

de trois millimètres de diamètre. L'intérieur de cette cavité est à vis et c'est là qu'était fixée la pointe de platine.

La foudre a complétement fondu le platine et il n'en est resté qu'une petite quantité, à peine visible, au fond de la cavité où ce métal était vissé au laiton. Je n'ai pu savoir sûrement quelles étaient la forme et la dimension du platine lorsque l'appareil a été installé. — En examinant avec soin l'extrémité du cône en laiton, on remarque que les pas de vis ont leurs arêtes émoussées; il y a eu manifestement là un commencement de fusion. En outre, la surface du laiton elle-même, à l'extérieur, présente des traces très-nettes de fusion ; elle est recouverte de gouttelettes solidifiées, brillantes, surtout visibles avec la loupe.

Près du point d'intersection de la tige de 5 mètres avec la corde de laiton, il y a eu une rupture de cette dernière. Les différents fils sont brisés et recouverts d'une couche noirâtre près des points de rupture. Leur section, trois jours après l'événement, était complétement noire chez les uns et au contraire assez brillante chez les autres. La corde de laiton, qui était passablement rectiligne et tendue entre les deux pointes tout le long du faîte, a été remarquablement tordue et contournée. C'est même sa courbure compliquée et nouvelle qui a attiré l'attention des habitants de la maison le matin du 24 juin.

Le reste du conducteur n'a éprouvé aucune avarie.

Les détails qui précèdent peuvent donner lieu à quelques remarques relatives aux règles qui doivent présider à la construction des paratonnerres.

La fusion et la disparition presque complète des pointes de platine montrent que ces pointes étaient trop minces. D'après les renseignements que j'ai pu recueillir, elles étaient probablement assez allongées et très-fines à leur extrémité. Si le cordon métallique n'avait pas été brisé et déformé par le coup de foudre, on n'aurait très-probablement pas supposé que le paratonnerre avait été frappé et la maison serait demeurée pourvue d'un simple conducteur qui n'aurait sûrement plus été un préservatif

contre l'électricité atmosphérique. L'exemple dont il est ici question confirme donc le perfectionnement proposé à l'Académie des sciences de Paris, en 1854, par M. Pouillet[1] et donne raison aux pointes de platine plus courtes, mais plus larges. On se rappelle que M. Pouillet conseille la forme d'un cône de 30° d'ouverture fixé par une large base à une pièce en cuivre. Cette dernière disposition doit évidemment diminuer le réchauffement du platine et par conséquent les chances de fusion.

La corde en fils de laiton n'était pas convenablement reliée à la base de la tige. On s'était contenté de tourner les fils autour de cette tige et le contact était évidemment très-imparfait. Il l'est devenu sans doute de plus en plus à mesure que les surfaces métalliques se sont oxydées à l'air. Aussi, la foudre a produit en ce point des désordres mécaniques assez graves et plusieurs fils ont été rompus là où ils entouraient la tige comme un collier.

La rupture totale de la corde de laiton résulte-t-elle d'une traction subite occasionnée par le passage du courant (ce que semblerait indiquer la courbure très-prononcée que cette corde a prise), ou bien n'est-elle qu'une conséquence de la conductibilité insusffisante de cette corde?... Je ne saurais le dire; mais il me paraît hors de doute, dans tous les cas, que les 15 fils de laiton ne constituaient pas un conducteur suffisant. Chaque fil, en effet, n'a pas plus de $1^{mm},5$ de diamètre ; sa section, par conséquent, est de 1,76 millimètres carrés. L'ensemble des 15 fils représente donc une section de 26,49 millimètres carrés. — Or, d'après M. Becquerel[2], la conductibilité du laiton est à celle du fer dans le rapport de 29,3 à 17,7. Par conséquent, les 15 fils ci-dessus, présentant une section totale de 26,49 millimètres carrés, offrent la même conductibilité qu'une section

$$\text{de } \frac{26,49 \times 29,3}{17,7} \text{ ou } 46,65$$

millimètres carrés en fer. Cela représente une barre dont le

[1] *Comptes rendus*, décembre 1854.
[2] *Ann. de Chim. et Phys.*, 3me série, L., p. 192.

côté serait de $6^{mm}8$. C'est là une dimension assurément très-insuffisante et beaucoup plus faible que celle de la tige en fer qui prolongeait et précédait la corde en laiton. Il n'est donc pas étonnant qu'il se soit produit une rupture au point où l'électricité a passé d'une portion à l'autre du conducteur.

Il est à remarquer encore que le conducteur, dans la portion en fer, présente des jonctions, entre les divers bouts qui le forment, tout à fait insuffisantes. On s'est contenté de juxtaposer les deux extrémités un peu amincies, puis de les fixer l'une à l'autre par un clou. Cette jointure imparfaite est devenue de plus en plus mauvaise avec le temps à cause de l'oxydation des surfaces et actuellement il n'y a plus de contact métallique proprement dit. Le conducteur a ainsi de véritables solutions de continuité.

Quant à la communication du conducteur avec la terre, je n'en connais pas les détails ; elle me paraît cependant dans de bonnes conditions, attendu que la tige en fer s'enfonce dans le sol à un point où passe une coulisse de fontaine.

En résumé, les incidents des coups de foudre de la nuit du 23 juin peuvent s'expliquer d'une manière satisfaisante par les détails défectueux de construction du paratonnerre.

1° Le conducteur présentant des bouts mal réunis et de véritables solutions de continuité, l'électricité de nom contraire à celle du nuage n'a pas pu être fournie par la terre et par conséquent s'écouler par la pointe.

2° L'électricité du nuage n'a donc pas été neutralisée suffisamment lorsqu'il passait au-dessus de la maison et un éclair a éclaté.

3° La corde en fils de laiton présentant une conductibilité beaucoup trop faible, le courant électrique y a produit les désordres mécaniques qui ont été indiqués.

Il suffit d'énoncer ces conclusions pour voir quelles sont les corrections que le paratonnerre devrait subir.

La maison dont il s'agit, y compris la grange attenante, pré-

sente une longueur de 38 mètres et une largeur de 22 mètres Sa surface est par conséquent de 836 mètres carrés.

Il est à remarquer que cette localité paraît être assez fréquemment frappée par la foudre. La même maison l'a été il y a peu d'années. A une très-petite distance, à l'ouest, un poirier a été également foudroyé récemment. A deux ou trois cents mètres de là, au midi, un noyer a été enflammé par l'éclair il y a sept ans.

Ch. Dufour. Note sur le brouillard sec de juillet 1863. (*Bulletin de la Société vaudoise des sciences naturelles*, n° 52.)

Plusieurs physiciens nous ont laissé des descriptions du fameux brouillard sec qui, en 1783, couvrit une grande partie de l'Europe et que l'on attribue généralement à la fumée rejetée par les volcans dont plusieurs firent de terribles éruptions pendant cette année-là.

A en juger par les descriptions qui nous restent, et par le dire des rares témoins oculaires que notre génération a pu consulter, il est probable que ce brouillard sec a été semblable à celui qui a frappé un grand nombre de personnes dans le mois de juillet 1863, et spécialement le 14, première journée dans laquelle son apparition a été bien manifeste.

Peut-être n'est-il pas inutile de conserver quelque description de cette apparition de 1863, et surtout du jour pendant lequel elle fut le plus remarquable.

Le 14 juillet 1863 le ciel un peu vaporeux le matin l'est devenu de plus en plus pendant la journée. Dans l'après-midi, il faisait ce que l'on appelle un temps lourd ; néanmoins à Morges le baromètre est demeuré à peu près à 4 millimètres au-dessus de sa hauteur moyenne. Mais le soleil devenait de moins en moins brillant ; à 6 h. 28 m. du soir cet astre, encore à 13 degrés au-dessus de l'horizon, pouvait être contemplé à l'œil nu, il paraissait d'un rouge vif entouré d'un mince cercle lumineux.

En ce moment, depuis Morges on distinguait à peine les montagnes de la Savoie éloignées seulement de 15 à 20 kilomètres, et tous les objets plus éloignés étaient cachés par cette espèce de brouillard. A 6 h. 30 m. le soleil ne projetait presque aucune ombre ; à 7 h. 15 m., il n'en projetait plus du tout. En ce moment-là, son globe lumineux à une hauteur de 4 $^1/_2$ degrés paraissait d'un rouge de sang, on pouvait le fixer sans aucune fatigue, plusieurs personnes ont cru que c'était la lune, ne songeant pas que ce phénomène se passait à l'ouest, c'est-à-dire dans des régions du ciel où la pleine lune ne se trouve jamais le soir.

Et peu après, quand le soleil disparut derrière les cimes du Jura, il ne paraissait plus que comme un disque dont l'éclat était tellement affaibli, qu'il se distinguait à peine par un faible rouge foncé des régions voisines du firmament. Le soir à 9 h. 30 m. on ne pouvait distinguer les étoiles que dans le voisinage du zénith, on apercevait encore Wega à une hauteur de 71 $^1/_2$°, et Arcturus à 66°, mais on ne voyait ni Jupiter à une hauteur de 17°, ni Vénus à 4°.

Depuis lors, ce singulier phénomène a été visible encore pendant plusieurs jours. Le soleil paraissait sans éclat le matin et le soir, cependant à un moins haut degré que le 14 juillet. Ainsi cette espèce de fumée dans l'atmosphère diminua peu à peu, et dans les premiers jours d'août elle était devenue presque insensible.

Les voyageurs qui se trouvaient le 14 juillet sur le Righi virent l'éclat du soleil diminuer graduellement. Cet astre n'apparaissait plus dans le ciel que comme une tache rouge d'une teinte très-faible. Puis il disparut, comme s'il s'était couché dans l'air.

Mais pendant que le phénomène général s'amoindrissait, on apprenait que dans le courant de juillet 1863, les volcans italiens avaient eu de fortes éruptions. Ce fait rapproché de ceux de 1783 et 1831, donne encore plus de poids à l'opinion des personnes qui ont vu là une conséquence des éruptions volcaniques.

FEUSSNER. SUR L'ABSORPTION DE LA LUMIÈRE A DES TEMPÉRATURES DIFFÉRENTES. (*Comptes rendus de l'Académie des sciences de Berlin*, mars 1865, et *Philosophical Magazine*, juin 1865.)

L'examen de la lumière transmise au travers d'un prisme après avoir traversé d'autres milieux absorbants, a acquis de l'importance depuis que M. Stokes a appelé l'attention des physiciens sur l'utilité pratique du sujet. Les premières expériences qui s'y rapportent ont été faites par le professeur Melde, de Marburg ; l'auteur du présent article s'est attaché plus particulièrement à étudier les changements qui se manifestent dans l'absorption, lorsqu'on mêle deux substances absorbantes incapables d'exercer une action chimique l'une sur l'autre, et aussi les changements dans l'absorption dus aux changements de température.

On sait que l'indigo fournit un spectre dans lequel une bande rouge, comparativement étroite, est suivie d'une bande d'absorption plus ou moins large selon que la solution d'indigo est plus ou moins concentrée ; vient ensuite une bande lumineuse qui atteint son maximum d'intensité dans le bleu, tandis qu'à l'extrémité violet du spectre la lumière est de nouveau absorbée. Si maintenant on mêle avec la solution d'indigo une petite quantité d'une solution de sulfate de cuivre, la bande rouge disparaît aussitôt, et au bout de quelques instants la seconde bande lumineuse commence à se rapprocher de l'extrémité rouge du spectre, et finit par s'étendre dans cette direction sur la 8e partie environ de la largeur du spectre entier. Pour que l'expérience réussisse, il est essentiel que la solution d'indigo soit complétement dépourvue d'acide sulfurique libre, car il suffit d'ajouter une seule goutte de cet acide pour rétablir le spectre primitif. L'on est même porté à se demander si le changement qui vient d'être décrit ne dépend peut-être pas de la formation d'un nouveau composé chimique. Si l'on ajoute à la solution d'indigo une petite quantité de bichromate de potasse à la place du sulfate de cuivre, le changement produit est beaucoup moins frappant. Dans

ce cas, la bande rouge du spectre reste sans altération, et ce n'est qu'après avoir ajouté plusieurs gouttes du bichromate, qu'on remarque un déplacement dans les limites du vert du côté de l'extrémité rouge. Le maximum de ce déplacement ne dépasse pas la trentième partie de la largeur totale du spectre.

Quant aux altérations dans l'absorption dues aux changements de température, les expériences de l'auteur ont porté sur les substances suivantes : les chlorures de fer et de cuivre, le sulfate de cuivre, le sulfate de cuivre ammoniacal, le bichromate de potasse, le sesquinitrate de nickel, le proto chlorure de cobalt et le bichlorure de platine. Il a remarqué que pour toutes ces substanecs le pouvoir absorbant augmentait avec la température, mais dans une proportion beaucoup plus forte dans le cas des chlorures que pour les autres sels. Le chlorure de cuivre, par exemple, à un degré convenable de concentration, devient complétement opaque à son point d'ébullition, et il est à remarquer que la portion du spectre qui reste le plus longtemps visible à mesure qu'on élève la température, ne coïncide pas exactement avec celle qui est la dernière à disparaître lorsqu'on augmente graduellement l'épaisseur de la couche ; de sorte que le point de maximum d'intensité du spectre se trouve placé différemment lorsque la substance est chauffée, et lorsqu'elle se trouve à la température ordinaire.

Le chlorure de cobalt se comporte d'une façon intéressante. A la température ordinaire, et à un degré convenable de concentration, cette substance fournit deux bandes lumineuses, dont l'une est très-intense, et embrasse la totalité du rouge et du jaune et une partie du vert, et dont l'autre, comparativement peu lumineuse, se trouve placée dans le violet. Si l'on applique la chaleur, cette bande violette diminue graduellement d'intensité, et deux nouvelles bandes d'absorption dont il n'existait auparavant aucune trace, apparaissent dans le rouge. Ces bandes augmentent rapidement de largeur, surtout celle qui est la moins réfrangible, à mesure que la température s'élève ; de ma-

nière que lorsque le point d'ébullition est atteint, elles ont complétement obscurci la bande lumineuse dans laquelle elles se sont formées, à l'exception d'une raie très-étroite et très-peu brillante à l'extrémité du rouge.

Pour expliquer ces phénomènes, on pourrait supposer que l'élévation de température donne lieu à quelque modification chimique dans la composition des liquides ; que par exemple, quelques atomes d'eau aient été fixés ou dégagés, si ce n'était que jusqu'à présent on n'a jamais remarqué de changement subit dans le pouvoir absorbant, mais toujours une altération parfaitement graduelle. D'autre part, ces phénomènes sont très-analogues à ceux observés par Brewster et autres savants relativement au pouvoir absorbant de certains gaz, dans lesquels les bandes paraissent augmenter en nombre et en largeur à mesure que la température s'élève.

BALFOUR STEWART et P.-G. TAIT. NOTE PRÉLIMINAIRE SUR LE RAYONNEMENT PROVENANT D'UN DISQUE SOUMIS A UN MOUVEMENT DE ROTATION. (*Philosophical Magazine*, juin 1865.)

Les physiciens ci-dessus, ayant été conduits l'un et l'autre par une série de raisonnements très-différents à des vues identiques quant à la transformation des forces, ont institué quelques expériences préliminaires sur l'augmentation qui paraît se manifester dans le rayonnement d'un disque de bois lorsqu'on le soumet à un mouvement rapide de rotation, et cela soit à l'air, soit dans le vide. Ces expériences ont été faites au moyen d'une pile thermoélectrique très-sensible et d'un galvanomètre. Dans les expériences faites à l'air, le disque en bois était du diamètre de neuf pouces. En le faisant tourner avec une vitesse d'un peu moins de cent révolutions par seconde, l'effet produit sur le galvanomètre-indicateur était très-appréciable, et paraissait bien dû au rayonnement du disque, et nullement à des courants d'air qui revenaient frapper la pile. L'effet produit était à peu près le même que

si la température du disque avait augmenté de 0°, 41 C. L'expérience a été répétée dans le vide avec un disque du diamètre de douze pouces, auquel on a imprimé une vitesse de rotation de cent révolutions par seconde, la pile thermo-électrique étant un peu plus rapprochée du disque que lors de l'expérience dans l'air. Dans ce cas, avec un vide de 0, 6 de pouce, on a obtenu un effet, dû selon toute apparence à une augmentation de rayonnement, à peu près le même que si la température du disque s'était accrue de 0° 83 C. En tenant compte du plus grand diamètre du disque, l'effet est probablement le même que celui qui a été remarqué dans l'air. Il paraîtrait résulter, d'après les auteurs de ces expériences préliminaires qu'ils comptent d'ailleurs poursuivre, que lorsqu'on fait circuler rapidement un disque en bois à la surface de la terre, sa radiation est accrue à raison de la vitesse de sa rotation, et cela également à l'air et dans un vide qui ne dépasse pas 0, 6 de pouce.

CHIMIE.

H. Sainte-Claire Deville et L. Troost. Recherches critiques sur la constitution des composés du niobium. (*Comptes rendus de l'Acad. des sciences*, séance du 12 juin 1865.)

L'étude de la composition et des formes cristallines des composés qui résultent de l'union du fluorure hyponiobique avec les fluorures métalliques m'avait fait présumer que l'acide hyponiobique avait une constitution différente de celle que le célèbre H. Rose lui avait attribuée, [1] et que le corps que ce savant avait considéré comme un hypochlorure de niobium devait être un oxychlorure.

C'est donc avec une grande satisfaction que j'ai vu MM. Deville et Troost trouver, dans leurs recherches sur la densité de

[1] Voir mon mémoire sur ce même sujet, dans le même numéro de ce journal.

vapeur de ce composé, la démonstration rigoureuse de cette hypothèse. La détermination de cette densité a présenté de grandes difficultés, et ne pouvait être tentée que par des expérimentateurs aussi habiles et aussi exercés à ce genre de recherches. Ces difficultés résultent non-seulement de ce que ce chlorure ne se volatilise qu'à une température très-élevée, voisine de 400 degrés, mais surtout de ce que ce corps, cristallisant en houppes soyeuses et incolores, est très-volumineux, qu'il attire très-rapidement l'humidité et se décompose à son contact, en sorte qu'après avoir déterminé le poids de sa vapeur, il faut analyser le contenu du ballon dans lequel l'expérience a été faite et tenir compte de l'acide hyponiobique résultant d'une décomposition partielle par l'eau.

La densité a été déterminée soit à la température de 448 degrés, dans la vapeur de soufre, soit à celle de 860° dans celle de cadmium. Les deux expériences ont donné le même résultat, 7, 87 et 7, 89. En admettant que l'hypochlorure ou oxychlorure de niobium forme, selon une règle très-générale, quatre volumes de vapeur, la formule que lui attribuait H. Rose exigerait 7, 05 pour sa densité, tandis que celle que j'ai proposée conduit à 7, 48. Ce dernier nombre se rapproche bien plus du chiffre indiqué par l'expérience. Peut-être la différence peut-elle s'expliquer par la difficulté de séparer complétement ce composé d'un autre chlorure dont la densité est plus considérable.

Mais la confirmation la plus importante de la nouvelle formule que j'ai proposée pour ce chlorure, résulte des analyses faites sur ce produit par MM. Deville et Troost, comme on peut le voir en comparant les quantités de chlore et d'acide hyponiobique obtenues par ces savants avec celles qui résulteraient du calcul soit en prenant la formule $Nb^2 Cl^3$ de H. Rose et son équivalent $Nb = 48,8$, soit en prenant la nouvelle formule $Nb^2 O^2 Cl^3$ et l'équivalent $Nb = 47$ [1] :

[1] Les équivalents sont rapportés ici à celui de l'hydrogène pris pour unité, et les formules sont écrites en équivalents.

	Formule de H. Rose	Formule nouvelle	Trouvé moyenne
Chlore............	52,17	49,19	48,9
Acide hyponiobique ..	59,59	61,89	61,5

Les auteurs ont de plus cherché à constater directement la présence de l'oxygène dans l'hypochlorure de niobium. En faisant passer ce composé en vapeur sur du magnésium, ils ont reconnu qu'il se forme du chlorure de magnesium et un corps formé de petits cristaux brillants, du système régulier, inaltérables par l'eau et susceptibles de se transformer avec ignition, au contact de l'air et au rouge, en acide hyponiobique. D'après l'augmentation de poids qui accompagne cette transformation, ces cristaux doivent contenir de l'oxygène. M. Deville avait obtenu jadis un produit analogue en faisant agir le sodium naissant sur l'hyponiobate de potasse.

MM. Deville et Troost ont aussi déterminé la densité de vapeur du chlorure jaune de niobium (chlorure niobique de H. Rose). Ils l'ont trouvée égale à 9,6, tandis que la formule $Nb\,Cl^2$ que lui avait attribuée cet habile chimiste exigerait 8,6. Si l'on suppose la formule $Nb^2\,Cl^5$, et l'équivalent Nb=47, la densité calculée serait 9,4 nombre qui s'accorde suffisamment avec l'expérience. Il est bien regrettable que ces habiles chimistes n'aient pas cherché à établir l'exactitude de cette hypothèse par l'analyse de ce chlorure. En effet, s'il possède réellement la composition que semble indiquer sa densité de vapeur, il est clair que sa décomposition par l'eau doit donner naissance à un acide identique avec celui qui résulterait de la décomposition de l'oxychlorure par l'eau, tous les deux devant être représentés par la formule $Nb^2\,O^5$. Ce fait ferait tomber la distinction établie par H. Rose entre l'acide hyponiobique et l'acide niobique, et justifierait l'affirmation de M. Hermann suivant lequel l'acide niobique ne serait que de l'acide hyponiobique mélangé d'acide tantalique. C. M.

MINÉRALOGIE. GÉOLOGIE.

Louis Lartet. Sur la formation du bassin de la mer Morte ou lac asphaltite et sur les changements survenus dans le niveau de ce lac. (*Comptes rendus de l'Académie des sciences*, 1865, t. LX. p. 796.)

M. Lartet rappelle que les anciens géographes aussi bien que les modernes se sont occupés de l'origine des lacs salés. On a pensé, et M. Angelot a développé cette idée, qu'ils étaient d'anciens fonds de mer. Quoique ceci puisse être vrai pour ceux qui sont voisins des côtes, il est cependant probable que beaucoup de lacs tirent leur salure des dépôts de sel placés dans leur voisinage ou sur le cours de leurs affluents.

L'auteur a parcouru toutes les rives de la mer Morte en faisant partie de l'expédition de M. le duc de Luynes, et il a acquis la conviction que ce bassin était dû à un soulèvement de la Syrie et de l'Arabie Pétrée qui eut lieu à la fin de l'époque éocène. Mais avant cette époque il s'est formé dans le sol une grande fracture dirigée du sud au nord, de Pétra à la mer Morte et au delà, qui est jalonnée par des éruptions de porphyre feldspathique. Il en est résulté une dépression dans laquelle se sont accumulées les eaux atmosphériques. Quoiqu'à une certaine époque les eaux s'y soient élevées à plus de 100 mètres au-dessus de leur niveau actuel, comme l'indiquent les dépôts qui occupent le rivage de la mer Morte, ce bassin a toujours été isolé, et ses eaux n'ont jamais été en communication avec celles de la mer Méditerranée ou de la mer Rouge. Cet exhaussement des eaux, qui paraît avoir eu lieu à la fin de l'époque tertiaire ou au commencement de l'époque quaternaire, est peut-être en rapport avec l'époque glaciaire dont le docteur Hooker a reconnu des traces dans le Liban.

La forme du bassin a été quelque peu modifiée par les éruptions volcaniques qui font du pays situé au nord-est de la mer

Morte un pays assez semblable à l'Auvergne. Trois coulées atteignent même le rivage oriental.

De toutes ces actions volcaniques il ne reste plus maintenant que des sources thermales, des émanations bitumineuses et des tremblements de terre. Les eaux se sont successivement abaissées sans qu'on puisse en apprécier exactement la cause ; il est probable que ce fut par le fait de l'alimentation qui ne fut pas assez considérable ou par le fait d'une évaporation plus active, plutôt que par suite de quelques grands mouvements géologiques.

ED. DUPONT. TERRAINS QUATERNAIRES DE LA BELGIQUE. OBSERVATION SUR LES TERRAINS QUATERNAIRES DES ENVIRONS DE DINANT, PROVINCE DE NAMUR. (*Comptes rendus de l'Académie des sciences*, 1865, t. LX. p. 863.)

L'auteur résume de la manière suivante la série des terrains quaternaires de la province de Namur en commençant par la partie inférieure.

1° Gros blocs presque anguleux de quartzites ardennais. Ils se trouvent sur les plateaux ou dans les vallées, mêlés aux cailloux.

2° Formation épaisse de cailloux ardennais très-roulés contenant quelquefois des blocs anguleux ; elle se trouve dans les vallées ainsi que dans les cavernes de Furfooz à 15 mètres au-dessus du niveau de la rivière. On y a trouvé la dent d'un grand carnassier, *ursus spelœus ?*

3° Sable graveleux avec *Ancylus fluviatilis*, *Succinea putris*, *Pupa muscorum*, *Helix*, etc.

4° Sable argileux irrégulièrement stratifié qui se trouve dans les vallées comme dans les cavernes de Furfooz.

5° Argile jaune rougeâtre avec de nombreux blocs anguleux. Ces blocs qui n'ont pas supporté un long transport ont traversé à certains points les vallées et ont été portés sur les plateaux voisins. Cette couche correspond au diluvium rouge des environs

de Paris et s'élève jusqu'à 250 mètres au-dessus du niveau de la mer. Dans les cavernes de Furfooz elle contient des ossements nombreux de renne, de castor, de bouquetin, de chamois, de glouton, d'élan, d'ours brun, etc. On rencontre avec ces débris d'animaux, des couteaux en silex, des os travaillés, des poteries grossières et des ossements humains, etc. Deux crânes entiers sont considérés par M. Pruner-Bey comme appartenant au type brachycéphale.

Louis Pillet. Cartes géologiques. Chambéry, 1865. (*Mém. de l'Acad. Imp. de Savoie*, t. VIII.)

Dans cette brochure M. Pillet émet non-seulement des vœux pour l'amélioration des cartes géologiques, mais il indique les réformes à faire, et comme exemple il nous donne trois cartes des environs d'Aix-les-Bains: l'une est une carte-plan, l'autre une carte-coupe, la troisième est une carte agronomique. M. Pillet avait déjà publié une description géologique de cette même région dont nous avons rendu compte[1]. Elle ne renfermait qu'une carte au $^1/_{250000}$e, tandis que celle qu'il vient de publier est au $^1/_{100000}$e. C'est évidemment une grande amélioration et maintenant la géologie de cette petite région est nettement représentée. Qu'il me soit permis cependant de faire une critique sur laquelle j'aurai insisté si M. Pillet ne l'avait prévenue en la faisant lui-même: « Si j'ai joint à cette notice, dit-il, quelques cartes, dont je reconnais volontiers l'insuffisance, c'est uniquement pour rendre plus palpables les diverses réformes que je propose. » En effet, si ces cartes sont satisfaisantes au point de vue géologique, elles le sont moins dans leur exécution matérielle.

Les réformes proposées avec raison portent sur le désir de voir augmenter l'échelle des cartes. M. Pillet voudrait qu'elles

[1] *Archives*, 1858, t. V, p. 82.

fussent au $^1/_{1000000}$e; mais cette échelle est encore trop petite soit dans les pays de grandes montagnes, soit dans les régions où les subdivisions des étages sont assez nettement tranchées pour que le géologue puisse les suivre sur une certaine étendue. On verra par la suite que, quoique l'échelle du $^1/_{100000}$e ait été adoptée pour la carte géologique de la Suisse, celle au $^1/_{25000}$e ne sera pas trop grande pour certains districts. Enfin, si le vœu émis par M. Pillet était entendu et que le public pût se procurer facilement les minutes au $^1/_{40000}$e de la carte de France, cette mesure faciliterait certainement les progrès de la géologie de ce pays. Ces minutes sont levées au moyen de courbes horizontales et il n'y a aucun doute que ce système ne soit préférable aux autres pour les cartes géologiques en fournissant, facilement les niveaux et mettant peu de traits noirs sur le papier, ce qui est fort avantageux pour les couleurs.

Les cartes-coupes de M. Pillet sont des cartes peu chargées de renseignements, sur lesquelles on trace de distances en distances des sections représentant des coupes verticales dans lesquelles il est nécessaire de donner exactement à la hauteur l'échelle de la base qui est celle de la carte, et de tracer les montagnes avec leurs formes réelles autant que l'échelle le permet; la carte-plan est la géographie, la carte-coupe est l'histoire de la région ; comme le dit M. Pillet. — On peut coller les coupes sur la carte par leur base de manière à les dresser perpendiculairement au plan de la carte, et en les multipliant on finirait par avoir un plan en relief de la région.

Sous le nom de carte agronomique M. Pillet désigne une carte spéciale des terrains quaternaires. Il faut convenir qu'on ne peut les représenter en grands détails sur une carte géologique sans la surcharger de signes et sans que les couleurs masquent celles employées pour les terrains plus anciens. M. Pillet y représente la limite supérieure des blocs erratiques, les boues glaciaires ; (lehm, marcq), les alluvions anté et post glaciaires, les alluvions actuelles, et les alluvions boueuses des marais, ainsi que les marnes

brunes pour les amendements, les argiles à briques, les salles pour construction, les graviers pour les routes, les tufs, les lignites et les tourbes. M. Pillet voudrait encore représenter sur cette carte le sol arable. Il nous semble qu'il devrait y avoir une nouvelle carte pour ce travail, tant cette étude est compliquée et tant il faut de signes pour représenter toutes les variétés de sol dont il convient de faire connaître les analyses par des moyens graphiques. Cette carte ne nous paraît pas devoir faire partie des études d'un géologue, car elle a peu de rapports avec l'histoire de la terre et il s'agit dans le pays où l'agriculture est déjà avancée de consigner pour chaque localité le résultat des connaissances pratiques des agriculteurs. Là les connaissances de l'homme de science ont été devancées par celles du praticien.

F. Sandberger. Résults of geological, etc. Résultats des observations géologiques faites dans le Grand-Duché de Bade et en Franconie. (*Société géologique de Londres*, 10 mai 1865).

Dans ce mémoire, M. Sandberger communique les résultats auxquels il est arrivé par l'étude des terrains palæozoïques, triasiques et jurassiques du Grand Duché de Bade et de la Franconie. Le terrain de la Forêt-Noire qui avait été nommé formation de transition a été classé précédemment dans le terrain carbonifère inférieur; les couches de Berghaupten près Offenburg, qui se trouvent également en Alsace, lui succèdent immédiatement. Près d'Oppenau on rencontre une espèce de *Pterophyllum* de trois pieds de longueur, qui fournit une nouvelle preuve de la liaison intime qui existe entre les flores palæozoiques et triasiques. A ce fait vient s'ajouter celui de la découverte d'une véritable espèce de *Schizopteris* dans le lettencoal de Wurzburg. M. Sandberger trouve aussi que cette liaison est maintenant plus visible dans la faune qu'il ne l'avait cru jusqu'à présent.

Le Wellenkalk, le Muschelkalk et le letten-coal paraissent être plus développés en Franconie que dans aucune autre partie de l'Allemagne et la netteté de la stratification ne laisse aucun doute sur la succession des couches. Parmi les résultats de la comparaison des types thuringiens et souabes avec ceux placés près de Wurzburg, il faut remarquer la classification de la faune de Recoaro et de Mickelschütz dans le Wellenkalk moyen. L'auteur observe que les roches des Alpes nommées Muschelkalk se rapportant complétement au Wellenkalk de ce district, cette roche doit désormais être classée dans le Wellenkalk, car aucun type de vrai Muschelkalk supérieur n'a été observé dans les Alpes jusqu'à présent.

M. Sandberger classe dans l'oolite inférieure et dans le Cornbrash les couches jurassiques du Grand Duché de Bade.

F. STOLICZKA. OF THE CARACTER, etc. SUR LES CARACTÈRES DE LA FAUNE DES CEPHALOPODES DES ROCHES CRÉTACÉES DE L'INDE MÉRIDIONALE. (*Société géologique de Londres*, 26 avril 1865.

L'auteur nous donne un résumé des faits qu'il a été amené à reconnaître par l'examen des Céphalopodes crétacés de la partie méridionale de l'Inde qui avait été commencé par M. Blanford. Il résume les travaux d'autres naturalistes sur le même sujet et les divisions établies dans ces couches par M. Blanford. Celui-ci y avait reconnu en partant du bas les couches d'Ootatoor, celles de Trichinopoly et celles d'Arrialoor. Tous les genres fossiles caractéristiques de la faune crétacée européenne y sont bien représentés et l'ensemble offre l'aspect du terrain crétacé moyen.

Le trait le plus frappant et le plus anormal de la distribution des Céphalopodes dans ces étages crétacés est l'association intime de trois sortes de genres qui appartiennent au groupe des

Ammonites triasiques, les *Globosi*. M. Stoliczka discute les relations qui existent entre les faunes de ces étages crétacés indiens avec ceux de l'Europe et il arrive à conclure que la division inférieure de M. Blanford ou groupe d'Ootatoor paraît appartenir au gault, tandis que le groupe d'Arrialoor est l'équivalent, de l'étage sénonien de d'Orbigny.

ZOOLOGIE, ANATOMIE ET PALÉONTOLOGIE.

Prof. WEDL. UEBER EINEN IM ZAHNBEIN, etc. SUR UN CHAMPIGNON QUI SE DÉVELOPPE DANS L'IVOIRE ET LES OS. (*Sitzungsber. der Wiener Akademie*, 14 Juli 1864.)

M. le prof. Wedl, en examinant des coupes de dents humaines faites par M. le prof. Heider et ayant macéré quelques jours dans de l'eau, trouva le cément et les couches périphériques de l'ivoire sillonnés de petits boyaux microscopiques. Il reconnut bientôt dans ces boyaux de petits parasites végétaux ressemblant beaucoup à ceux qui perforent les coquilles des mollusques. Un examen attentif de l'eau de macération y fit découvrir de nombreuses petites cellules propres à être considérées comme les spores du champignon. L'expérience démontra, en effet, que des fragments de dents normaux placés dans cette même eau ne tardaient pas à être infestés de ces petits parasites. Le travail perforant de ces petits végétaux se restreint au cément et à l'ivoire, mais ne s'étend jamais à l'émail. Il atteignit aussi des fragments d'os que M. Wedl mit macérer dans le liquide.

Ces petits champignons paraissent se développer aux dépens, soit de la matière organique, soit de la matière inorganique de l'ivoire et de l'os, et les conditions de leur multiplication se rencontrent sans doute fréquemment dans la nature. Ils paraissent, toutefois, n'attaquer les dents qu'après la mort et n'avoir rien à faire avec le phénomène de la carie. M. Wedl s'est assuré que ces parasites exercent leur action sur notre globe dès une haute

antiquité. Diverses dents, soit de poissons fossiles (Pycnodus, Hémipristis), soit de mammifères fossiles présentent les traces non équivoques du travail de ces petits champignons. Divers ossements fossiles sont dans le même cas.

La découverte de M. Wedl n'est, du reste, point entièrement nouvelle : soit M. Eberth, soit M. Kœlliker ont déjà entrevu ces petits organimes et reconnu en eux de véritables champignons hyphomycètes.

Prof. Max Schultze : Ueber den Bau, etc. Sur la structure des organes lumineux chez les males de Lampyris splendidula (*Sitz. der Niederrhein. Ges. f. Natur und Heiklunde zu Bonn am 7. Juli u. 4 Aug. 1864*).

Les organes lumineux des lampyres ont donné lieu à maintes recherches histiologiques. M. Kœlliker, en particulier, y a reconnu des cellules renfermant des concrétions d'urate d'ammoniaque, mais c'est en vain qu'on y a cherché du phosphore. En revanche, il est démontré que soit l'oxygène, soit le système nerveux ont une influence directe sur l'intensité de la lumière.

M. Max Schultze a reconnu que les nombreuses branches trachéennes de l'appareil lumineux se terminent chacune dans une petite cellule de forme étoilée. Sous l'action de l'acide osmique, ces cellules se teignent rapidement en noir, tandis que les cellules de parenchyme restent non colorées. Il est donc évident que ces cellules terminales des trachées réduisent avec facilité l'acide osmique, en absorbant son oxygène. C'est à elles qu'appartient sans aucun doute le rôle important dans l'émission de la phosphorescence.

Cette découverte classe immédiatement l'acide osmique parmi les réactifs histiologiques de première importance.

BOTANIQUE.

J. Hanstein. Les vaisseaux du latex et les organes analogues de l'écorce. Mémoire couronné par l'Académie des sciences de Paris. 1864.

L'Académie des sciences avait proposé pour le prix Bordin les questions suivantes :

Etudier la distribution des vaisseaux du latex dans les divers organes des plantes et particulièrement leurs rapports ou leurs connexions avec les vaisseaux lympathiques ou spiraux, ainsi qu'avec les fibres du liber :

1° Si ces communications entre deux ordres de vaisseaux considérés jusqu'à ce jour comme complétement indépendants peuvent être mises hors de doute.

2° Si les rapports entre ces deux ordres de vaisseaux sont un fait exceptionnel propre seulement à certaines plantes, ou s'ils existent dans toutes les plantes pourvues de ces deux sortes de vaisseaux.

3° Si ces connexions de vaisseaux du latex et des vaisseaux lympathiques existent dans tous les organes de la plante, ou seulement dans quelques parties du végétal.

4° S'il existe des connexions de même genre entre les vaisseaux du latex et d'autres tissus de la plante tels que les fibres du liber, par exemple.

Le Dr Hanstein, après deux années de recherches, a envoyé à l'Académie un mémoire sur ces diverses questions, et l'Académie a partagé le prix entre ce mémoire et un autre de M. Dippel. Depuis l'année 1863 où le prix a été décerné, un grand nombre d'auteurs se sont occupés du même sujet sous divers points de vue. Le Dr Hanstein a cru devoir cependant publier son mémoire primitif tel qu'il a été couronné, sans entrer pour le moment en discussion au sujet des travaux plus récents.

Voici d'abord la réponse qu'il a faite aux questions ci-dessus énumérées.

1° Dans la majorité des plantes pourvues de vaisseaux lactifères on ne trouve aucune communication ouverte ni même aucun contact immédiat entre eux et les vaisseaux spiraux. Ce n'est que par exception qu'on observe parfois une communication ou un contact entre ces deux ordres de vaisseaux.

2° D'autre part ces deux sytèsmes de vaisseaux ont bien entre eux une connexité constante et régulière. Ils s'accompagnent mutuellement à travers tous les organes des plantes et même s'entremêlent d'une manière intime dans les feuilles.

3° Cependant les diverses formes de vaisseaux lactifères ont des rapports encore bien plus intimes avec toutes les autres espèces de vaisseaux et de fibres du tissu cortical.

Tous ces organes, vaisseaux lactifères, vaisseaux fibres et parenchyme de l'écorce doivent donc être considérés comme les divers membres d'un même système physiologique liés entre eux par toutes sortes de gradations, et remplissant tous la même fonction qui est celle de l'écorce.

Le Dr Hanstein est pleinement d'accord avec la plupart des anatomistes modernes pour considérer les vaissseaux lactifères comme de véritables vaisseaux ayant une membrane propre. A l'origine ils sont formés de cellules placées bout à bout les unes au-dessus des autres et dont les parois de contact se recourbent plus tard. Il est, à ce qu'il paraît, facile de trouver tous les degrés intermédiaires de cette transformation.

Il arrive souvent chez les plantes pourvues de vaisseaux lactifères, que les vaisseaux du corps ligneux renferment de temps à autre le même lait que les vaisseaux lactifères. Cette circonstance a fait supposer que le système des vaisseaux lactifères devait être en communication avec le système des vaisseaux ligneux. Cependant chez presque toutes les plantes pourvues de vaisseaux lactifères, ces derniers n'existent que dans l'écorce ou la moëlle, et sont ainsi complétement séparés du système ligneux dont ils ne se rapprochent qu'aux entre-nœuds et dans les feuilles. Dans la plupart des plantes la présence du lait dans les

vaisseaux de bois était donc difficile à comprendre. Le Dr Hanstein n'a jamais réussi à trouver de communication ouverte entre ces deux systèmes de vaisseaux, même dans les feuilles où les vaisseaux lactifères enveloppent de si près les vaisseaux spiraux. Il a bien trouvé quelquefois des points de contact entre des vaisseaux des deux systèmes, et dans quelques cas rares, la paroi des vaisseaux spiraux lui a semblé résorbée de manière à faire supposer la possibilité d'une communication. Il a essayé aussi d'injecter les corps contenant des vaisseaux des deux systèmes avec une substance insoluble, en suspension dans l'eau, afin de voir si les granulations de cette substance passeraient au travers de ces rares points de contact d'un vaisseau spiral avec un vaisseau lactifère. Or presque toujours cette méthode d'injection n'a eu pour résultat que de mettre en évidence l'absence absolue de communication aux points de contact. La substance qu'il employait était une poudre de carmin en suspension dans l'eau. Dans quelques cas très-rares il a bien constaté que des granulations de carmin avaient passé des vaisseaux spiraux dans les vaisseaux lactifères, mais même dans ces cas-là il n'a pu constater aucune transfusion inverse du contenu des vaisseaux lactifères dans les vaisseaux spiraux.

En résumé, la présence du lait dans les vaisseaux spiraux est un fait si peu fréquent et les points de contact entre les deux systèmes de vaisseaux sont si rares, que le Dr Hanstein n'hésite pas à considérer ces faits comme des exceptions, et seulement comme une nécessité physiologique.

Le système lactifère dans le genre Carica étudié avec un grand soin par Trécul et par Schacht semblait cependant devoir conduire à de tout autres conclusions, et le Dr Hanstein a dû lui consacrer une partie de son mémoire. En effet, dans le genre Carica, en particulier chez les Cpapaya et microcarpa, les vaisseaux lactifères ne naissent point dans l'écorce, mais bien dans le corps ligneux. Ils se trouvent ainsi dès leur origine dans le voisinage immédiat des vaisseaux du corps ligneux qu'ils enveloppent

et vuisent partout. C'est aussi dans ces plantes qu'on trouve le plus souvent du lait dans les vaisseaux spiraux et autres du bois. C'est donc dans le genre Carica que le nœud de la grande question d'une communication libre entre les deux ordres de vaisseaux devait être tranchée dans un sens ou dans l'autre.

Or là encore le Dr Hanstein, d'accord avec ses devanciers, n'a jamais pu constater que des points de contact exceptionnels et rares. Il conclut donc que le système des vaisseaux lactifères et celui des vaisseaux du corps ligneux sont entièrement distincts, et jouent chacun un rôle physiologique différent.

Mais s'il en est ainsi, pourquoi les vaisseaux lactifères manquent-ils à un si grand nombre de végétaux ? Serait-ce que leur rôle physiologique serait peu important et pour ainsi dire accidentel, ou bien seraient-ils au fond de la même nature que les autres éléments de l'écorce qu'ils accompagnent toujours, et qui occupent leurs places dans les plantes où ils font défaut ? Le Dr Hanstein conclut pour cette dernière alternative et semble donner pour cela d'excellentes raisons.

L'étude comparative des divers éléments de l'écorce, de leurs diverses formes ainsi que de leurs modes de formation et de leur évolution prouve en effet qu'ils sont liés les uns aux autres par toutes sortes de gradations. Ce sont surtout les vaisseaux utriculeux des monocotylédones et de quelques diotylédones (crucifères et fanariacées) qui forment un lien entre les vaisseaux lactifères d'une part, et les vaisseaux cribleux, ainsi que les fibres du liber et les cellules cristalifères d'autre part. Il y a en effet des vaisseaux utriculeux qui renferment du lait et sont assez allongés pour ressembler à des vaisseaux lactifères (écorce des aroïdées). Les vaisseaux utriculeux proviennent comme les vaisseaux cribleux de rangées de cellules superposées dont les parois de contact se résorbent en passant souvent par l'état cribleux qui indique l'analogie de ces deux sortes de vaisseaux.

Ces mêmes vaisseaux utriculeux sont aussi quelquefois amincis (Fumariacées et crucifères) à leurs extrémités et ressemblent

tout à fait alors aux fibres du liber qu'ils remplacent souvent chez les Pandanées et Aroïdées. Enfin chez ces deux dernières familles on trouve toutes les transitions entre les vaisseaux utriculeux et les cellules à raphides.

Ainsi on peut dire que: vaisseaux lactifères, vaisseaux cribleux, vaisseaux utriculeux, cellules à raphides, fibres du liber sont des éléments de même ordre jouant tous un même rôle physiologique. Malgré toutes ces analogies l'on ne trouve jamais de communications ouvertes entre ces éléments qui demeurent toujours distincts. Ce n'est donc que par le jeu de la diffusion et de l'endosmose qu'il peut y avoir échange de contenus entre eux.

Après avoir ainsi répondu aux questions posées par l'Académie, le Dr Hanstein a voulu mettre en évidence par des expériences directes les rôles physiologiques réciproques des tissus du bois et de ceux de l'écorce. Il a toujours été convaincu de la parfaite justesse de l'ancienne théorie par laquelle les sucs nourriciers non encore assimilables montent par l'aubier, se modifient dans les feuilles et redescendent comme sève productrice au travers de l'écorce.

Voici un résumé de ces expériences qui sont peut-être la partie la plus curieuse du mémoire.

D'abord le Dr Hanstein a répété sur un grand nombre de boutures de diverses plantes dicotylédones, l'expérience qui consiste à leur enlever un anneau d'écorce vers la base. Dans ce cas-là les nouvelles racines se produisaient toujours au-dessus de la portion dénudée.

Cependant si la décortication a été opérée vers le sommet ed la bouture, il se produit bien des racines en dessous de l'anneau à cause de la grande réserve de sucs corticaux qui existe dans la portion de l'écorce entre l'anneau et la base de la bouture.

Si on pratique la section annulaire de l'écorce dans une bouture qui a déjà émis des racines à sa base, ces dernières meurent et sont remplacées par d'autres qui se développent au-dessus de l'anneau.

Il résulte de là que :

1° Ni la partie inférieure de la bouture ni les racines qui peuvent s'y être développées ne sont capables de produire la matière de leur propre formation et que cette matière doit venir des régions supérieures dans lesquelles elle est ou bien à l'état de réserve ou bien produite par l'activité des feuilles.

2° Cette matière descend non pas par le bois, mais par l'écorce.

Lorsqu'on plonge dans l'eau la partie inférieure d'un rameau muni de ses feuilles, ce rameau périt bientôt s'il ne réussit pas à pousser des racines. Dans le cas où il continue à se développer, c'est toujours aux dépens des feuilles antérieurement formées.

Ainsi l'absorption de l'eau par le bois n'est pas en état, comme celles des racines, de remplacer la perte qui a lieu par les feuilles.

Aussi dans le cas où on enlève un anneau d'écorce dans la région supérieure d'un rameau sans séparer ce rameau de la plante à laquelle il appartient et en lui laissant ses feuilles au-dessus de la section annulaire, ce rameau continue à se développer normalement au-dessus de la section. Mais si on dépouille complétement le rameau de ses feuilles, il ne tarde pas à périr.

Donc la sève poussée au travers du corps ligneux par l'action des racines a besoin du concours des feuilles pour devenir productive.

Ensuite le Dr Hanstein a répété les expériences de Mirbel sur les monocotlédones qui produisent des racines au-dessous de la section annulaire de l'écorce parce que leur tige contient intérieurement tous les éléments du liber.

Il a obtenu le même résultat avec les pipéracées et certaines autres dicotylédones qui ont aussi des vaisseaux fibro-vasculaires épars dans l'intérieur de la tige.

Enfin les expériences suivantes semblent mettre hors de doute le rôle essentiel des vaisseaux cribleux.

Le pétiole de la courge contient deux cercles de vaisseaux

vasculaires, l'un extérieur et l'autre plus intérieur ; chacun de ces vaisseaux est composé de *vaisseaux cribleux* unis à des vaisseaux poncturés et spiraux et à des cellules ligneuses et du cambinum.

Or le Dr Hanstein, après avoir avoir enlevé la feuille de l'aisselle, de laquelle était sortie une fleur de courge, a pratiqué dans le pétiole une section annulaire pénétrant jusqu'au second cercle des vaisseaux vasculaires.

Dans ces circonstances il ne restait plus que les vaisseaux de ce second rang qui servissent au passage de la sève et néanmoins la fleur a parcouru toutes les phases de son développement et le fruit est arrivé à parfaite maturité. Cependant les faisceaux dont il est question sont dépourvus de fibres et leur partie corticales est réduite aux vaisseaux cribleux.

N'est-on pas en droit de conclure avec l'auteur du mémoire que les vaisseaux cribleux jouent le principal rôle dans la fonction générale de l'écorce.

Dr Aug. Vogel. Sur la matière intercellulaire et les vaisseaux du latex dans la racine de la dent de lion (Taraxacum officinale Wigg. (*Comptes rendus de l'Acad. impér. des sciences de Vienne*, vol. 48.)

La dent de lion a une racine cylindrique un peu amincie vers son extrémité inférieure, simple ou quelquefois un peu ramifiée. L'écorce de cette racine est parcourue par un grand nombre de vaisseaux lactifères qui contiennent un lait d'un blanc bleuâtre très-abondant.

Ces vaisseaux forment un grand nombre de faisceaux plus ou moins gros disposés d'une manière concentrique assez régulière, et liés les uns aux autres par de nombreuses ramifications. Les ramifications ont toujours lieu parallèlement à la surface de la racine, en sorte que les faisceaux forment de véritables étuis concentriques indépendants les uns des autres. La couche périder-

mique la plus extérieure de l'écorce est cependant dépourvue de vaisseaux lactifères. Ces derniers n'existent que dans la portion moyenne et surtout dans la région intérieure. Le parenchyme cellulaire de ces deux parties de l'écorce contient, surtout dans le voisinage des vaisseaux lactifères, une grande quantité de matières intercellulaires.

Suivant le Dr Vogel, les vaisseaux lactifères prennent naissance par la réunion des cellules conductrices (Leitzellen) don les cloisons adjacentes se transforment peu à peu en pectose et finissent par disparaître. Il a trouvé plusieurs degrés intermédiaires qui ne lui laissent aucun doute sur ce mode de formation des vaisseaux lactifères. Suivant lui, les parois latérales de ces mêmes cellules finiraient aussi par se transformer en pectode en sorte que les vaisseaux lactifères arrivés à leur terme de développement ne seraient pas formés par une membrane de cellulose.

C'est en faisant agir les liqueurs iodées ainsi que les acides et les alcalis sur la matière qui forme l'enveloppe des vaisseaux lactifères, que le Dr Vogel est arrivé à les considérer comme de la cellulose en voie de se transformer en pectose. Il est arrivé aux mêmes résultats en faisant agir les mêmes réactifs sur la matière intercellulaire de la dent de lion et résume lui-même les résultats de ses recherches de la manière suivante :

1° La matière intercellulaire de la racine du tararacum officinale (*Podospomum Jacquenianum*) provient d'une transformation graduelle de la membrane des cellules, le produit de cette transformation étant la pectose.

2° Les vaisseaux lactifères de ces deux plantes naissent de la réunion en un conduit des cellules conductrices (cambiformes ou cellules poreuses d'autres auteurs).

Cette fusion des cellules est causée par la transformation des membranes de ces cellules en pectose.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A L'OBSERVATOIRE DE GENÈVE

sous la direction de

M. le Prof. E. PLANTAMOUR

PENDANT LE MOIS DE JUIN 1865.

Le 1er, halo solaire partiel à plusieurs reprises depuis 6 h. du matin à 1 h. 30 m.

3, couronne lunaire et faible halo lunaire à plusieurs reprises dans la soirée.

15, depuis 9 h. 15 m. du soir, éclairs au SE, ciel serein.

16, halo solaire partiel à plusieurs reprises depuis 11 h. à 5 h.; éclairs au SSE depuis 9 h. 30 du soir, ciel serein.

18, la bise a soufflé avec une très-grande violence dans l'après-midi de 3 h. à 5 h. 30 m.

22 et 23, éclairs à l'E. et au SE dans la soirée, ciel serein.

24, halo solaire à plusieurs reprises depuis 1 h.

29, de 1 h. 10 m. à 1 h. 35 m, après-midi, coup de vent du sud d'une violence extraordinaire, accompagné de quelques faibles coups de tonnerre ; pluie dans la soirée.

30, Fort orage dans la nuit, de minuit à 3 h. du matin ; les plus fortes décharges ont eu lieu vers 3 h. et accompagnées d'une pluie abondante ; du 29 à 10 h. soir au 30, à 6 h. matin il est tombé 37mm 5. Il est tombé un peu de neige sur les plus hautes sommités du Jura et sur le Môle.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.

MAXIMUM.	mm	MINIMUM.	mm
Le 9, à 8 h matin....	734,61	Le 1, à 8 h. soir ...	721,74
13, à 8 h matin....	732.86	11, à midi..	726,51
20, à 8 h. matin...	732,15	18, à 4 h. soir	724,50
26, à 8 h. matin...	730,72	24, à 4 h. soir.....	727,50
		30, à 5 $^1/_2$ h. matin.	715,70

GENEVE. — JUIN 1865.

Jours du mois.	Baromètre. Hauteur moy. des 24 h.	Baromètre. Écart avec la hauteur normale.	Température C. Moyenne des 24 heures.	Température C. Ecart avec la temp. normale.	Température C. Minim.	Température C. Maxim.	Tension de la vap. Moy. des 24 h	Tension de la vap. Ecart avec la tension normale.	Fract. de saturation en millièmes. Moy. des 24 h.	Fract. de saturation en millièmes. Ecart avec la fraction norm.	Fract. de saturation en millièmes. Minimum.	Fract. de saturation en millièmes. Maximum.	Pluie ou neige. Eau tomb. d. les 24 h.	Pluie ou neige. Nomb. d'h.	Vent dominant.	Clarté moy. du Ciel.	Temp. du Rhône. Midi.	Temp. du Rhône. Ecart avec la temp. normale.	Limnimètre à midi.
	millim.	millim.	o	o	o	o	mm	mm					mm.				o		pouces
1	722,91	— 2,91	+19,84	+ 4,72	+15,7	+24,3	11,46	+2,53	676	— 44	500	810	...	..	N. 1	0,79	16,2	+ 3,6	47,5
2	726,72	+ 0,84	+15,56	+ 0,31	+13,1	+21,1	10,34	+1,34	830	+111	570	960	9,0	9	SSO. 2	0,96	16,3	+ 3,6	48,0
3	730,98	+ 5,04	+17,37	+ 2,00	+10,5	+23,2	9,90	+0,84	662	— 37	470	920	...	..	variable	0,37	13,9	+ 1,0	49,5
4	730,76	+ 4,76	+16,62	+ 1,13	+10,7	+22,0	10,08	+0,95	723	+ 4	480	870	. .	.	N. 2	0,57	...	.....	50,5
5	730,80	+ 4,74	+17,65	+ 2,04	+14,1	+21,8	9,46	+0,27	647	— 71	470	780	...	..	NNE. 3	0,19	16,9	+ 3,8	52,0
6	731,18	+ 5,06	+17,76	+ 2,03	+13,8	+22,9	8,38	—0,87	611	—107	290	760	...	.	NNE. 3	0,10	17,0	+ 3,8	52,5
7	730,79	+ 4,61	+18,52	+ 2,67	+14,9	+23,3	9,20	—0,11	612	—105	430	760	0,1	1	N. 3	0,13	17,3	+ 4,0	53,0
8	732,76	+ 6,54	+18,79	+ 2,82	+12,9	+23,0	10,16	+0,79	633	— 83	460	700	...	..	NNE. 2	0,06	17,8	+ 4,3	53,0
9	733,59	+ 7,29	+18,78	+ 2,69	+13,4	+23,9	8,79	—0,64	562	—153	410	630	...	..	NNE. 2	0,01	18,0	+ 4,4	53,0
10	730,82	+ 4,47	+20,88	+ 4,68	+11,7	+28,4	9,35	—0,14	535	—179	300	730	...	..	N. 1	0,19	18,4	+ 4,7	53,0
11	726,99	+ 0,58	+20,54	+ 4,23	+12,9	+27,6	8,97	—0,58	521	—193	340	730	...	..	NNO. 1	0,33	...	....	53,0
12	729,98	+ 3,52	+15,16	— 1,26	+12,8	+19,6	6,29	—3,32	529	—184	310	760	...	..	NNE. 2	0,20	18,0	+ 4,0	53,2
13	732,23	+ 5,71	+14,16	— 2,37	+ 9,5	+19,0	5,55	—4,11	502	—210	250	840	...	..	N. 3	0,02	16,9	+ 2,8	53,0
14	730,66	+ 4,09	+17,54	+ 0,90	+10,6	+23,9	7,29	—2,42	506	—205	340	600	...	..	NNE. 3	0,01	17,0	+ 2,8	54,0
15	730,34	+ 3,71	+18,32	+ 1,58	+13,3	+24,2	8,58	—1,18	574	—136	350	730	...	..	N. 3	0,03	17,8	+ 3,5	53,5
16	730,03	+ 3,34	+15,86	— 1,00	+12,0	+20,5	7,27	—2,54	565	—144	400	650	...	..	N. 2	0,30	17,9	+ 3,5	53,3
17	730,15	+ 3,41	+16,36	— 0,58	+ 8,3	+22,9	7,56	—2,30	567	—141	320	760	...	..	N. 1	0,08	18,0	+ 3,4	53,0
18	726,12	— 0,68	+16,50	— 0,54	+ 8,9	+22,7	7,81	—2,09	572	—135	420	760	...	..	N. 3	0,06	...	.....	53,0
19	728,18	+ 1,32	+15,46	— 1,68	+10,4	+20,1	6,48	—3,47	514	—192	390	570	...	..	N. 3	0,00	17,1	+ 2,3	53,0
20	731,17	+ 4,26	+18,02	+ 0,79	+ 8,6	+25,5	7,83	—2,16	526	—179	280	700	...	..	N. 1	0,00	17,3	+ 2,4	52,5
21	731,45	+ 4,49	+19,43	+ 2,11	+ 9,9	+27,0	8,46	—1,57	526	—178	340	740	...	..	N. 1	0,11	17,0	+ 2,0	53,0
22	730,14	+ 3,13	+20,35	+ 2,94	+10,7	+27,3	7,58	—2,49	453	—250	190	700	...	..	N. 1	0,02	17,7	+ 2,5	52,0
23	729,04	+ 1,98	+19,31	+ 1,81	+12,6	+24,8	8,21	—1,90	517	—185	320	650	...	..	N. 2	0,03	17,9	+ 2,6	52,0
24	728,41	+ 1,30	+19,88	+ 2,30	+ 9,9	+26,4	8,09	—2,06	493	—208	270	640	...	..	N. 1	0,59	18,7	+ 3,3	52,0
25	728,87	+ 1,71	+18,70	+ 1,04	+11,3	+24,8	6,66	—3,53	441	—258	200	640	...	..	N. 1	0,48	...	.....	52,0
26	729,82	+ 2,61	+19,60	+ 1,86	+ 9,0	+27,9	7,12	—3,11	446	—252	280	700	. .	..	variable	0,26	19,1	+ 3,5	52,0
27	729,05	+ 1,79	+18,68	+ 0,87	+11,1	+24,3	7,38	—2,89	485	—212	240	650	...	..	N. 2	0,06	18,9	+ 3,2	51,5
28	726,43	— 0,67	+19,22	+ 1,34	+10,0	+27,0	6,72	—3,58	446	—250	140	690	...	..	variable	0,00	19,1	+ 3,3	51,5
29	721,31	— 0,03	+17,52	— 0,43	+10,2	+28,7	10,48	+0,15	729	+ 34	300	960	14,9	8	SSO. 3	0,78	19,1	+ 3,1	51,5
30	717,46	— 9,92	+13,38	— 4,64	+ 9,5	+19,2	7,32	—3,04	675	— 19	410	850	46,6	14	SO. 3	0,81	16,1	0,0	51,0

MOYENNES DU MOIS DE JUIN 1865.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h. s.
Baromètre.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade,	730,36	730,43	730,46	730,24	729,82	729,36	729,42	729,77	730,38
2e »	730,28	730,30	729,97	729,54	729,04	728,56	728,57	729,09	729,81
3e »	727,90	728,06	727,62	727,03	726,65	726,27	726,01	726,34	726,88
Mois	729,52	729,60	729,35	728,94	728,50	728,06	728,00	728,40	729,02
Température.									
	o	o	o	o	o	o	o	o	o
1re décade	+15,42	+18,08	+19,48	+20,67	+21,92	+21,96	+21,06	+18,70	+17,40
2e »	+12,76	+15,62	+18,40	+20,19	+21,40	+21,69	+20,16	+17,79	+15,67
3e »	+13,61	+18,14	+20,63	+22,88	+23,56	+23,68	+22,57	+19,63	+17,40
Mois	+13,93	+17,28	+19,51	+21,24	+22,29	+22,45	+21,26	+18,71	+16,83
Tension de la vapeur.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade,	9,68	10,04	9,90	9,71	9,20	9,25	9,64	10,39	9,96
2e »	7,60	7,59	7,63	7,55	7,21	7,14	6,89	7,54	7,45
3e »	7,91	7,96	7,84	7,66	7,20	7,39	7,83	8,52	8,27
Mois	8,40	8,53	8,46	8,31	7,87	7,93	8,12	8,81	8,56
Fraction de saturation en millièmes.									
1re décade,	747	651	586	543	479	484	546	657	690
2e »	688	565	480	428	382	371	392	492	564
3e »	681	524	435	375	348	359	400	521	571
Mois	705	580	500	449	403	405	446	557	608

	Therm. min.	Therm. max.	Clarté moyenne du Ciel.	Température du Rhône.	Eau de pluie ou de neige.	Limnimètre.
	o	o		o	mm	p.
1re décade,	+13,08	+23,39	0,34	16,87	9,1	51,20
2e »	+10,73	+22,60	0,10	17,50	0,0	53,15
3e »	+10,42	+25,74	0,31	18,18	61,5	51,85
Mois	+11,41	+23,91	0,25	17,52	70,6	52,07

Dans ce mois, l'air a été calme 1 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 4,61 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 3°,1 E. et son intensité est égale à 104 sur 100.

TABLEAU

DES

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AU SAINT-BERNARD

pendant

LE MOIS DE JUIN 1865.

Dans la nuit du 15 au 16, la glace a entièrement disparu sur le lac.

Le 21, de 2 h. $^{1}/_{2}$ à 3 h. du soir, quelques coups de tonnerre et pluie mêlée de grêlons.

Le 29, vers les 9 h. du matin, il a grêlé et neigé pendant un quart d'heure.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.

MAXIMUM.	mm	MINIMUM.	mm
Le 9, à midi	573,67	Le 2, à 6 h. matin..	566,72
14, à 10 h. soir.....	570,33	12, à 6 h. mat....	566,60
21, à 10 h. soir.....	572,31	18, à 4 h. soir....	564,91
26, à 10 h. soir.....	569,94	25, à midi... .. .	567,92
		30, à 8 h. mat....	555,0C

SAINT-BERNARD. — JUIN 1865.

Jours du mois.	Baromètre. Hauteur moy. des 24 heures.	Ecart avec la hauteur normale.	Minimum.	Maximum.	Température, C. Moyenne des 24 heures.	Ecart avec la température normale.	Minimum.[1]	Maximum.[1]	Pluie ou neige. Hauteur de la neige.	Eau tombée dans les 24 h.	Nombre d'heures.	Vent dominant.	Clarté moy. du Ciel.
	millim.	millim.	millim.	millim.	°	°	°	°	mm	mm			
1	567,05	+ 1,80	566 72	567,52	+ 8,45	+ 6,01	+ 7,2	+12,4	......	5,6	1	SO. 1	0,88
2	567,46	+ 2,11	566,72	568,64	+ 4,21	+ 1,65	+ 1,6	+ 6,9	......	19,9	5	SO. 1	0,96
3	569,77	+ 4,32	569,01	570,14	+ 3,21	+ 0,53	+ 1,0	+ 6,4	......	......	.....	NE. 1	0,80
4	569,27	+ 3,72	568,89	569,60	+ 2,69	— 0,11	+ 1,6	+ 6,2	......	0,6	1	NE. 2	0,96
5	569,73	+ 4,07	569,00	569,99	+ 2,85	— 0,07	+ 1,3	+ 6,0	......	......	......	NE. 1	0,90
6	570,29	+ 4,53	569,44	570,94	+ 4,56	+ 1,52	+ 2,1	+ 7,8	......	......	......	NE. 2	0,28
7	570,63	+ 4,77	570,18	571,34	+ 5,43	+ 2,27	+ 3,4	+ 8,4	......	......	......	NE. 2	0,52
8	572,53	+ 6,58	571,53	573,36	+ 6,19	+ 2,92	+ 4,1	+ 9,2	......	.....	......	NE. 1	0,63
9	573,45	+ 7,40	573,12	573,67	+ 7,67	+ 4,29	+ 5,0	+11,4	......	......	......	NE. 1	0,12
10	571,74	+ 5,59	570,79	572,30	+ 8,08	+ 4,59	+ 6,1	+11,4	.....	......	......	NE. 1	0,20
11	567,67	+ 1,42	567,02	568,86	+ 4,17	+ 0,58	+ 1,6	+ 7,6	......	......	......	NE. 2	0,78
12	567,62	+ 1,28	566,60	568,61	+ 1,45	— 2,25	— 1,2	+ 5,2	......	......	......	NE. 2	0,27
13	569,24	+ 2,81	568,35	569,89	+ 2,33	— 1,48	0,0	+ 5,5	......	......	......	NE. 1	0,03
14	569,89	+ 3,37	569,45	570,33	+ 4,88	+ 0,97	+ 1,2	+ 8,2	......	......	......	NE. 2	0,06
15	569,93	+ 3,32	569,82	570,00	+ 5,64	+ 1,63	+ 3,5	+ 8,8	......	.....	......	NE. 1	0,08
16	568,61	+ 1,91	568,23	569,54	+ 4,58	+ 0,47	+ 2,7	+ 7,1	......	......	......	NE. 2	0,34
17	568,56	+ 1,77	568,42	568,64	+ 4,52	+ 0,31	+ 1,7	+ 7,1	......	......	......	NE. 3	0,28
18	565,51	— 1,37	564,91	566,52	+ 3,83	— 0,47	+ 1,9	+ 6,9	......	......	......	NE. 1	0,33
19	567,70	+ 0,73	565,54	569,63	+ 4,73	+ 0,34	+ 1,6	+ 9,0	......	......	......	NE. 1	0,10
20	571,05	+ 4,00	570,00	571,72	+ 7,20	+ 2,72	+ 3,0	+10,4	......	......	......	NE. 1	0,03
21	572,03	+ 4,90	571,55	572,31	+ 7,25	+ 2,68	+ 4,9	+11,7	......	......	......	NE. 1	0,52
22	570,85	+ 3,64	570,35	571,27	+ 7,89	+ 3,23	+ 4,5	+10,4	......	......	......	NE. 1	0,36
23	569,20	+ 1,91	568,84	569,61	+ 5,74	+ 1,00	+ 3,9	+ 8,9	......	......	......	NE. 1	0,26
24	568,75	+ 1,38	568,49	569,02	+ 5,04	+ 0,22	+ 2,9	+ 8,6	.....	......	......	NE. 2	0,69
25	568,16	+ 0,71	567,92	568,52	+ 2,37	— 2,53	+ 0,8	+ 6,3	......	......	......	NE. 2	0,94
26	569,37	+ 1,85	568,49	569,94	+ 5,04	+ 0,07	+ 2,2	+ 8,2	......	......	......	NE. 2	0,62
27	568,85	+ 1,26	568,70	568,92	+ 4,96	— 0,09	+ 2,1	+ 8,8	......	......	......	NE. 2	0,30
28	567,67	+ 0,01	567,43	567,90	+ 8,19	+ 3,07	+ 4,3	+11,6	......	......	......	NE. 1	0,00
29	563,79	— 3,94	560,96	565,98	+ 7,25	+ 2,06	+ 5,7	+11,8	......	......	......	SO. 1	0,93
30	557,96	— 9,84	555,00	559,89	+ 1,71	— 3,55	+ 0,1	+ 4,7	......	68,6	14	SO. 3	0,72
									......	......	....		

[1] Les chiffres renfermés dans ces colonnes donnent la plus basse et la plus élevée des températures observées de 6 h. du matin à 10 h. du soir, les thermomètrographes étant hors de service.

MOYENNES DU MOIS DE JUIN 1865.

Baromètre.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s	8 h. s.	10 h.
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade,	569,76	569,94	570,14	570,17	570,17	570,11	570,21	570,41	570,55
2e »	568,33	568,30	568,36	568,41	568,47	568,49	568,65	568,87	569,06
3e »	567,68	567,53	567,65	567,63	567,57	567,63	567,59	567,67	567,73
Mois	568,59	568,59	568,72	568,74	568,74	568,74	568,82	568,99	569,11

Température

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s	8 h. s.	10 h.
1re décade,	+ 3°,79	+ 5°,54	+ 7°,08	+ 8°,12	+ 8°,33	+ 8°,14	+ 5°,93	+ 4°,37	+ 4°,18
2e »	+ 1,97	+ 5,17	+ 6,10	+ 6,85	+ 7,20	+ 6,77	+ 6,02	+ 3,35	+ 3,04
3e »	+ 3,63	+ 6,16	+ 7,37	+ 8,65	+ 8,23	+ 7,55	+ 6,64	+ 4,85	+ 4,28
Mois	+ 3,13	+ 5,62	+ 6,85	+ 7,87	+ 7,92	+ 7,49	+ 6,20	+ 4,19	+ 3,83

	Min. observé.[1]	Max. observé.[1]	Clarté moy. du ciel.	Eau de pluie ou de neige.	Hauteur de la neige tombée.
	°	°		mm	mm
1re décade,	+ 3,34	+ 8,61	0,62	26,1	—
2e »	+ 1,60	+ 7,58	0,23	0,0	—
3e »	+ 3,14	+ 9,10	0,53	68,6	—
Mois	+ 2,69	+ 8,43	0,46	94,7	—

Dans ce mois, l'air a été calme 3 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 6,76 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 45°E., et son intensité est égale à 96 sur 100.

[1] Voir la note du tableau.

RECHERCHES

SUR LES COMBINAISONS DU NIOBIUM

PAR

M. C. MARIGNAC.

1er Mémoire.

(Suite.[1])

Acide niobique, Nb^2O^5.

Je rappelle que je désigne sous ce nom l'acide hyponiobique de Rose et l'acide niobeux de M. Hermann. Je ne me suis point attaché à refaire une nouvelle étude de ses propriétés suffisamment connues par les beaux travaux de H. Rose.

Je veux seulement remarquer que je n'ai point observé jusqu'ici de variations importantes dans sa densité. Que cet acide ait été retiré des columbites du Groënland, de Haddam ou de Bodenmais, il m'a toujours présenté après fusion avec les bisulfates de potasse ou d'ammoniaque, lavage, et calcination à une forte chaleur rouge, une densité comprise entre 4,37 et 4,46[2]. Préparé par

[1] Voyez *Archives*, t. XXIII, p. 167.

[2] Ces déterminations ayant été faites le plus souvent sur de très-faibles quantités de matière, il est probable que les variations réelles de densité sont comprises entre des limites plus resserrées, ces chiffres extrêmes provenant d'erreurs d'expériences.

un grillage prolongé du fluoxyniobate d'ammoniaque, il a offert une densité de 4,51 et 4,53.

Il va sans dire que ces essais n'ont été faits qu'après que l'acide niobique avait été séparé des autres acides métalliques par la cristallisation du fluoxyniobate de potasse.

Cette densité est bien inférieure à toutes celles que Rose a observées pour cet acide dans les mêmes circonstances (5,2 à 6,5). Ces nombres élevés sont probablement toujours dus à la présence d'acide tantalique.

J'ajouterai que j'ai tenté, pour le transformer en un autre acide plus ou moins oxygéné, plusieurs essais qui tous sont restés sans résultat. Le niobate de potasse n'est pas plus modifié par la fusion avec du nitre que par celle avec du cyanure de potassium dans un creuset de fer à une haute température.

Niobates de potasse.

L'acide niobique ne formerait avec la potasse, soit d'après H. Rose, soit d'après Hermann, que des sels incristallisables. Je ne puis m'expliquer ce fait que par la supposition que ces essais ont été tentés avec un acide impur. Car j'ai toujours obtenu sans aucune difficulté un niobate de potasse en gros cristaux prismatiques en concentrant par l'évaporation dans le vide les dissolutions obtenues après la fusion de l'acide niobique avec deux ou trois fois son poids de carbonate de potasse. Bien que je n'aie opéré que sur quelques grammes, j'ai obtenu des cristaux ayant jusqu'à un demi-pouce de côté.

Leur forme dérive d'un prisme rhomboïdal oblique. La forme dominante est un prisme hexagonal, résultant

des troncatures des arêtes latérales par les faces E, et terminé par la base P. Ils offrent de plus les facettes e^2 sur les angles latéraux et μ sur les arêtes inférieures (fig. 1).

Limpides et assez éclatants, ils s'effleurissent bientôt au contact de l'air.

	Calculé.		Observé.
M — M =	109° 20′	*	109° 20
E : M =	125 20		125 20
P : M =	94 30	*	94 30
P : μ =	45 54	*	43 54
P : e^2 =	131 44		132 10
E : μ =	114 37		114 42
μ — μ =	130 46		
P : (MM) =	95 31		
P : ($\mu\mu$) =	40 3		

Chauffé sur une lame de platine, il fond en partie dans son eau de cristallisation, puis se dessèche, prend une couleur jaune quand on le chauffe au rouge, mais ne fond pas. Il redevient blanc par le refroidissement, mais ne se redissout plus qu'en partie dans l'eau. Chauffé à 100 degrés, il perd 14,5 p. 100 d'eau et se redissout encore complétement.

Sa composition correspond à la formule :

$$3\,Nb^2O^5,\ 4\,K^2O,\ 4\,H^2O + 12\,Aq$$

en désignant par Aq l'eau qui est chassée à la température de 100°.

	Calculé.		Trouvé.	
3 Nb^2O^5	804	54,77	53,88	
4 K^2O	376	25,61	25,32	
4 H^2O	72	4,91		4,50
12 Aq	216	14,71	14,52	14,70
	1468	100		

Si l'on redissout ce sel dans l'eau, sa dissolution donne par une lente évaporation de nouveaux cristaux présentant une autre forme et une autre composition.

Ce sont des cristaux octaédriques, tronqués sur tous leurs sommets, et dérivant d'un prisme rhomboïdal droit (fig. 2), ils sont assez gros, mais ne donnent pas des images très-nettes.

	Calculé.	Observé.
$m — m$ =	120° 40'	* 120° 40'
$m \frown m$ =	117 49	118 0
P : m =	134 20	* 134 20
P : A, P : E, A : E =	90 0	90

Angle plan de la base 92° 26'.

Leur composition correspond à la formule :

$$7\ Nb^2O^5,\ 8\ K^2O,\ 9\ H^2O + 23\ Aq$$

	Calculé.		Trouvé.			
7 Nb^2O^5	1876	58,55	58,30	58,40		
8 K^2O	752	23,47	23,44	23,50		
9 H^2O	162	5,05			4,70	4,50
23 Aq	414	12,93	12,60	12,80	12,70	12,80
	3204	100				

Le dosage direct de l'eau par calcination donne un nombre trop faible, par suite probablement d'une absorption d'acide carbonique.

Redissous dans l'eau, ce sel recristallise sous la même forme, seulement il est plus difficile alors de l'obtenir en cristaux nets. Il tend à former une dissolution sursaturée qui se prend tout à coup en masse.

Dans l'espérance d'obtenir un sel neutre, j'ai fait passer dans la dissolution du sel précédent un courant d'a-

cide carbonique qui a déterminé la précipitation d'une petite quantité d'un sel acide, puis la liqueur a été concentrée par l'ébullition; mais il m'a été impossible d'en retirer aucun sel cristallisé.

On obtient encore un autre niobate de potasse très-bien cristallisé lorsqu'on ajoute à la dissolution des sels précédents un excès de potasse caustique. On obtient alors, par une concentration lente, des cristaux octaédriques très-nets, mais qui s'effleurissent assez rapidement à l'air. Ils se composent d'un prisme rhomboïdal MM et d'un biseau *ee*; ils sont de plus tronqués sur quatre sommets par les facettes *a* (fig. 3).

	Calculé.		Obervé.
$M - M =$	91° 20′	*	91° 20′
$e \wedge e =$	80 56	*	80 56
$a \wedge a =$	79 37		80
$M : a =$	123 20		123 40
$M : e =$	57 53		57 50

Leur analyse conduit à la formule :

$$2\ Nb^2O^5,\ 3\ K^2O,\ 6\ H^2O + 7\ Aq$$

	Calculé.		Trouvé.
2 Nb^2O^5	536	50,95	51,06
3 K^2O	282	26,80	26,22
6 H^2O	108	10,27	»
7 Aq	126	11,98	11,58
	1052	100	

Lorsqu'on ajoute à la dissolution d'un niobate de potasse une dissolution de potasse renfermant de la soude, comme cela a lieu si habituellement, on obtient un précipité blanc, pulvérulent, insoluble dans la liqueur alcaline et fort peu soluble dans l'eau.

L'analyse d'un pareil précipité, séché à 100 degrés, m'a donné la composition :

$$3\,Nb^2O^5,\ 3\,K^2O,\ Na^2O,\ 9\,H^2O.$$

		Calculé.		Trouvé.
3	Nb^2O^5	804	61,37	61,60
3	K^2O	282	21,53	21,25
	Na^2O	62	4,73	4,57
9	H^2O	162	12,37	13,20
		1310	100	

Si l'on fait bouillir une dissolution de fluoxyniobate de potasse avec du bicarbonate de potasse, la presque totalité de l'acide niobique est précipitée à l'état d'un niobate acide de potasse, pulvérulent, léger, qui est à peu près insoluble dans l'eau.

Ce sel desséché à 100 degrés a pour formule :

$$3\,Nb^2O^5,\ K^2O,\ 5\,H^2O.$$

		Calculé.		Trouvé.
3	Nb^2O^5	804	81,38	80,61
	K^2O	94	9,51	9,88
5	H^2O	90	9,11	8,95
		988	100	

J'ai essayé de préparer aussi les niobates de soude, mais je n'ai obtenu que des sels pulvérulents cristallins, changeant de composition par le lavage et dont aucun ne m'a présenté les caractères d'un composé parfaitement défini.

Fluoxyniobates de potasse.

Le fluorure niobique, obtenu en dissolvant l'acide niobique hydraté par l'acide fluorhydrique, donne lieu à des combinaisons très-variées avec le fluorure de po-

tassium ; mais ce sont toujours des fluoxyniobates à moins qu'ils ne cristallisent en présence d'acide fluorhydrique concentré. J'ai obtenu cinq sels de ce genre, parfaitement cristallisés, et que j'ai reproduits également avec des acides extraits des columbites du Groënland, de Haddam et de Bodenmais.

Un seul de ces sels est parfaitement stable et ne change point par des dissolutions et cristallisations successives : c'est le fluoxyniobate normal $NbOF^3, 2KF+Aq$. Tous les autres se produisent en ajoutant à sa dissolution, soit du fluorure de potassium neutre ou acide, soit un excès de fluorure niobique. Mais tous redissous dans l'eau chaude donnent une première cristallisation de fluoxyniobate normal. Ils deviennent complétement insolubles dans une dissolution saturée de fluorure de potassium.

H. Rose avait déjà préparé des fluoniobates de potasse, mais il n'a point cherché à les séparer suivant leurs formes cristallines et les décrit comme étant tantôt en poudre cristalline, tantôt en écailles ou en aiguilles. Les analyses qu'il en donne se rapportent toutes évidemment à des mélanges, comme du reste il le reconnaît lui-même. Il a remarqué que les dissolutions de ces sels se troublent par le refroidissement si l'on n'y ajoute pas de l'acide fluorhydrique. Je n'ai point vérifié cette observation sur les fluoxyniobates purs ; toutes les fois que leur dissolution dans l'eau pure ne demeure pas limpide, je crois que c'est un indice de la présence d'un fluotantalate.

L'analyse de ces sels par l'acide sulfurique ne présente aucune difficulté ; il convient seulement de ne chasser l'excès d'acide qu'à une température inférieure au rouge. Le résidu traité par l'eau bouillante laisse

l'acide niobique absolument insoluble et très-facile à laver; la liqueur évaporée à siccité donne après une forte calcination le sulfate de potasse.

Le dosage de l'eau peut se faire le plus souvent par une dessiccation directe à 150 ou 180 degrés, ou par la fusion avec de l'oxyde de plomb en excès, lorsque le sel ne renferme pas d'acide fluorhydrique libre.

Mais le dosage du fluor offre assez de difficultés et n'est pas susceptible d'une grande exactitude. Le moyen le plus naturel et auquel en définitive je suis revenu après plusieurs essais, consiste à précipiter l'acide niobique par l'ammoniaque et à doser le fluor dans la liqueur filtrée. Mais la filtration et le lavage de l'acide niobique sont excessivement longs. La liqueur passe souvent trouble, malgré l'addition de sel ammoniac, ou si elle a passé claire, il s'y forme un nouveau dépôt pendant la durée des opérations. Dans tous les cas la précipitation de l'acide niobique n'est pas complète, il en reste un peu en dissolution qui se précipite avec le fluorure de calcium, en sorte que le résultat obtenu n'est qu'approximatif. D'ailleurs on ne peut utiliser cette expérience pour la détermination de l'acide niobique, attendu qu'il entraîne toujours de la potasse que les lavages ne lui enlèvent pas.

J'ai essayé aussi la précipitation par le nitrate mercureux avec addition d'ammoniaque, mais cette méthode ne m'a pas donné des résultats sûrs; il semble que quelquefois une quantité notable de fluor est entraînée dans ce précipité.

Au reste, il est bien rare que le dosage direct du fluor soit nécessaire pour établir la composition de ces sels, ou du moins il suffit dans tous les cas d'un dosage approximatif.

Il serait assez difficile de créer une nomenclature méthodique en rapport avec la constitution de ces sels; je me bornerai à les désigner par des noms tirés de l'apparence habituelle de leurs cristaux.

A) Fluoxyniobate lamellaire ou normal.

Ce sel ressemble autant qu'il est possible au fluotitanate et au fluoxytungstate de potasse, avec lesquels il est d'ailleurs isomorphe.

Par cristallisation dans l'eau pure, il se dépose en lamelles excessivement minces, tellement que des liqueurs même modérément concentrées, se prennent par refroidissement en une masse d'apparence gélatineuse; mais jetée sur un filtre, cette masse se contracte extrêmement et laisse un résidu lamellaire, nacré, semblable à du talc.

En présence d'un petit excès d'acide fluorhydrique, on obtient des lames rhomboïdales, toujours assez minces, mais cependant mesurables, formées par un prisme rhomboïdal oblique P, M, M. Les arêtes inférieures de la base sont habituellement tronquées par les facettes μ^3; on y rencontre plus rarement les facettes $\mu\ ^3/_2$ et μ, A, et une facette α sur l'angle inférieur (fig. 4).

Je joindrai aux angles de ce sel ceux du fluotitanate et du fluoxytungstate correspondants, en faisant observer que pour tous ces sels en lamelles très-minces, les mesures ne peuvent être qu'approximatives.

	Calculé.	Observé.	Fluotitanate.	Fluoxy-tungstate.
M — M =	92° 8'	92	91 6	90 41
P : M =	99 52	100	96 12	96 16
P : μ^3 =	85 52	86	»	»
P : $\mu^3/_2$ =	72 20	72 25	»	»
P : μ =	60 33	60 0	»	60 30
P : A =	103 46		98 42	98 50
P : α^3 =	84 9	84 0	»	»
P : α =	51 26	* 51 26	51 19	51 20
μ^3—μ^3 =	90 10	* 90 10	»	»
μ^3 : α =	126 34	* 126 34	»	»

Ce sel perd presque toute son eau à 100 degrés, mais on peut sans inconvénient le chauffer jusque vers 180 ou 200° pour le dessécher complétement; il se redissout encore complétement dans l'eau sans laisser de résidu. Ainsi desséché, il n'offre plus qu'une perte insignifiante, avec dégagement d'une odeur acide, lorsqu'on le chauffe jusqu'à la fusion à une chaleur rouge.

J'ai fait plus de vingt analyses de ce sel préparé avec les columbites de Groënland, de Haddam et de Bodenmais, et avec de l'acide niobique qui avait été soumis à divers traitements, pour constater s'il ne subissait aucun changement dans son degré d'oxydation, ainsi à la fusion avec de la potasse et du nitre, ou inversement avec de la potasse et du cyanure de potassium dans un creuset de fer, à la réduction par le zinc à l'état d'oxyde bleu ou brun qui avait été ensuite réoxydé par fusion avec le bisulfate de potasse, etc.

J'ai obtenu :

Eau	de	5,75	à 5,98	moyenne	5,87
Acide niobique		44,15	à 44,60	»	44,36
Sulfate de potasse		57,60	à 58,05	»	57,82
Fluor.......		30,62	à 32,22	»	31,72

Résultats conformes à la formule :

$$NbOF^3 . 2 KF + Aq.$$

		Calculé.	Trouvé.
Nb	94	31,23	31,12
2 K	78	25,91	25,92
O	16	5,32	»
5 F	95	31,56	31,72
Aq	18	5,98	5,87
	301	100	

J'ai éliminé dans ce calcul quelques analyses donnant des résultats un peu plus écartés de la moyenne, mais faites sur des sels dans lesquels j'ai pu constater la présence soit d'un peu de fluotantalate, soit du sel inconnu peu soluble dont j'ai signalé l'existence dans la première partie de ce mémoire.

Ce sel exige de 12,5 à 13 fois son poids d'eau pour se dissoudre à la température de 17 à 21° C. Il est beaucoup plus soluble dans l'eau bouillante. La présence d'un excès d'acide fluorhydrique augmente un peu sa solubilité.

B) Fluoxyniobate de potasse cuboïde.

Ce sel prend naissance lorsqu'on ajoute un excès de fluorure de potassium à la dissolution du précédent.

Ses cristaux ont exactement l'apparence de cubes, sans aucune modification. Mais leur examen optique prouve qu'ils n'appartiennent ni au système cubique, ni à celui du prisme carré. D'ailleurs, leurs angles ne sont pas exactement droits, mais les mesures varient entre 90° et 90° 30′, en sorte qu'il m'a été impossible d'en déterminer le système cristallin.

Ce sel ne perd rien de son poids à 100 degrés, et ne

subit qu'une perte insignifiante par la fusion au rouge dans un creuset fermé.

Son analyse conduit à la formule :

$$NbOF^3, 3KF.$$

		Calculé.	Trouvé.		
Nb	94	27,57	»		
3 K	117	34,31	»		
O	16	4,69	»		
6 F	114	33,43	32,49		
	341	100			
$^1/_2$ Nb^2O^5	134	39,29	39,45	39,2	39,4
$^3/_2$ K^2O,SO^3	261	76,54	75,65	76,6	76,1

Dissous dans l'eau chaude, il donne par refroidissement une abondante cristallisation de sel lamellaire.

On peut remarquer que ce sel, dont la forme ne diffère pas sensiblement du cube, a une formule analogue à celle du fluozirconate de potasse basique.

$$Zr\,F^4, 3KF.$$

qui cristallise en octaèdre régulier, et à celles du fluosilicate et du fluotitanate d'ammoniaque

$$Si\,F^4, 3Az\,H^4F \text{ et } Ti\,F^4, 3AzH^4F$$

dont le premier cristallise en prisme carré, le second également ou peut-être en cube.

C) Fluoxyniobate aciculaire.

Il se forme dans les dissolutions qui renferment un excès de fluorure de potassium et d'acide fluorhydrique.

Dans des dissolutions concentrées il se dépose en fines aiguilles, mais lorsqu'il cristallise plus lentement,

il donne des cristaux prismatiques très-nets, dérivant d'un prisme rhomboïdal oblique.

Ils se composent du prisme MM, quelquefois tronqué sur ses arêtes par les faces A et E, et terminé par l'octaèdre rhomboïdal *m* μ. On observe quelquefois aussi la base P, mais toujours très-petite (fig. 5).

Souvent les cristaux sont mâclés parallèlement à A, en sorte que l'on trouve deux sommets formés en apparence d'octaèdres rhomboïdaux droits, résultant de quatre faces *m* à une extrémité, et de quatre faces μ à l'autre.

	Calculé.	Observé.	Fluostannate.
M—M =	115°50′	* 115°50′	115 52
E : M =	122 5	122 5	122 4
m—*m* =	138 50	* 138 50	139 11
E : *m* =	110 35	110 30	»
μ — μ =	136 43	136 34	136 48
E : μ =	111 38	111 46	»
M : *m* =	134 8	* 134 8	
M : P =	92 45	92 51	93 40
M : M =	48 50	49 6	
P : A =	93 14		

C'est à quelques minutes près, la forme du fluostannate de potasse :

$$SnF^4, 3KF, HF.$$

Et en effet, la composition de ce fluoxyniobate est exprimée par une formule analogue :

$$NbOF^3, 3KF, HF.$$

			Calculé.	Trouvé.		
	Nb	94	26,04	»		
3	K	117	32,41	»		
	H	1	0,28	»		
	O	16	4,43	»		
7	F	133	36,84	37,8		
		361	100			
$^1/_2$ Nb^2O^5		134	37,12	37,0	36,9	36, 7
$^3/_2$ K^2O, SO^3		261	72,29	72,2	72,1	72,15

Il ne perd rien par la dessiccation à 100°. Chauffé jusqu'à fusion, il dégage une forte odeur d'acide fluorhydrique et perd 6 % de son poids (HF = 5,54 p. 100). Fondu avec l'oxyde de plomb, il subit une perte de 2,8 % environ.

D) Fluoxyniobate de potasse hexagonal.

Lorsqu'on dissout l'acide niobique dans l'acide fluorhydrique, et que l'on ajoute une quantité insuffisante de fluorure de potassium, on obtient d'abord une cristallisation de fluoxyniobate lamellaire. Si l'on concentre l'eau mère, il s'y forme par refroidissement des cristaux en prismes hexagonaux d'un sel plus riche en fluorure niobique.

Ces cristaux, dont le prisme est exactement de 120 degrés, n'offrent en général qu'un pointement mal terminé, indiquant un groupement de plusieurs cristaux. Le sommet présente en effet l'apparence d'une dent à six pointes avec une dépression centrale et n'offrant de faces que vers cette dépression, en sorte qu'on ne peut prendre des mesures que sur les fragments que l'on parvient à en détacher en cherchant à les briser suivant l'axe. Ces mesures ne peuvent être qu'approximatives. Elles conduisent

à rapporter la forme de ces cristaux à un prisme rhomboïdal oblique. La fig. 6 représente la forme théorique d'un cristal simple, composé du prisme hexagonal MEM du biseau *e e* et des facettes *a* et $a^{1}/_{3}$ sur l'angle antérieur.

	Calculé.		Observé.
M—M =	120 0	*	120° 0
E : M =	120 0		120 0
M : *a* =	126 38	*	126 38
M : *e* =	91 12		
a : *e* =	144 34		144 30
$a : a^{1}/_{3}$ =	162 30	*	162 30
E : *e* =	111 10		111 30
e : *e* =	137 40		137 0
M : *e* =	112 28		112 35
$M : a^{1}/_{3}$ =	112 21		111 50
$a^{1}/_{3} : e$ =	156 0		155 50

Inclinaison du prisme (MM) : (*ee*) = 104° 28'.

Sauf l'existence des faces *a*, on pourrait, sans s'écarter beaucoup des angles mesurés, rapporter cette forme à un prisme hexagonal régulier, dans lequel les faces *ee* et $a^{1}/_{3}$ appartiendraient à une pyramide hexagonale placée sur les angles de la base. Cette supposition semblerait confirmée par l'existence d'un sel d'ammoniaque de même composition et dont la forme est décidément hexagonale. Mais comme nous verrons qu'il y a aussi un sel d'ammoniaque décidément cubique, de même composition que le fluoxyniobate de potasse cuboïde, il se peut qu'il y ait là un double exemple de l'isomorphisme dans deux systèmes différents et j'ai dû indiquer la forme du sel de potasse telle que les mesures l'établissent.

La composition de ce sel correspond à la formule:

$$3\ NbOF^3,\ 5\ KF,\ H^2O.$$

	Calculé.		Trouvé.	
3 Nb	282	34,86		
5 K	195	24,10		
3 O	48	5,93		
14 F	266	32,88	31,84	
H^2O	18	2,23	2,00	
	809	100		
$^3/_2\ Nb^2O^5$	402	49,69	48,48	48,70
$^5/_2\ K^2O,SO^3$	435	53,77		53,40

Il ne perd son eau qu'incomplétement à 100 degrés, et à une température plus élevée il dégage une odeur d'acide fluorhydrique. La perte d'eau a été déterminée par la fusion avec de l'oxyde de plomb. Lorsqu'on le chauffe sur une lame de platine, il décrépite, puis fond assez facilement, mais devient bientôt infusible et se colore en jaune à chaud, pour blanchir de nouveau par le refroidissement.

E) Fluoxyniobate oblique non symétrique.

Ce sel se forme dans les eaux mères du précédent, lorsque la proportion de fluorure niobique en excès est encore plus considérable. Leur apparence est celle de prismes presque rectangulaires, le plus souvent sans aucune modification; cependant quelquefois on y voit de petites facettes triangulaires sur deux des angles (fig. 7).

Ces cristaux sont fréquemment maclés, leurs faces donnent toujours des images multiples, en sorte qu'il m'a été impossible d'en tirer des mesures même approximatives. Tout ce que je puis dire, c'est que les inclinaisons

réciproques des faces P,M et N sont comprises entre 87° et 93°, et que les faces α et *a* paraissent inégalement inclinées sur toutes ces faces, ce qui indique un prisme oblique non symétrique.

Leur analyse conduit à la formule :

$$3\,NbOF^3,\ 4\,KF + 2\,Aq.$$

		Calculé.	Trouvé.	
3 Nb	282	36,67		
4 K	156	20,29		
3 O	48	6,24		
13 F	247	32,12	31,4	
2 Aq	36	4,68	4,7	4,7
	769	100,00		
$^3/_2$ Nb^2O^5	402	52,28	51,9	52,3
2 K^2O,SO^3	348	45,25	45,6	45,0

L'eau n'est qu'en partie chassée par la dessiccation à 100 degrés, mais à 180° l'expulsion est complète.

Fluoniobate de potasse.

Ce sel, dont la composition jette un jour complet sur la nature véritable des composés précédents, s'obtient avec la plus grande facilité en dissolvant à l'aide de la chaleur le fluoxyniobate lamellaire dans l'acide fluorhydrique. Il se dépose par refroidissement en petits cristaux aciculaires.

Malgré leur petitesse, comme ils sont très-brillants, on peut très-bien en déterminer la forme. Ce sont des prismes rhomboïdaux droits, habituellement tronqués sur les arêtes aiguës, et terminés par un biseau placé sur les angles aigus de la base (fig. 8).

		Observé.
{	M — M =	112° 30′
	M : E =	124
{	E : *c* =	115 10
	e : *e* =	120 30

Le plus souvent ils sont groupés en mamelons.

Leur composition est exprimée par la formule :

$$NbF^5, 2KF.$$

		Calculé.	Trouvé.	
Nb	94	30,82		
2 K	78	25,57		
7 F	133	43,61	42,10	44,32
	305	100,00		
$^1/_2$ Nb^2O^5	134	43,93	43, 9	43, 7
K^2O,SO^3	174	57,05	56, 8	57, 6

Il ne subit aucune perte de poids à 100°; à une température beaucoup plus élevée, il exhale une odeur d'acide fluorhydrique. Mélangé avec un excès d'oxyde de plomb, il peut être mis en fusion à une chaleur rouge sans présenter aucune perte de poids.

Redissous dans l'eau chaude, il donne par refroidissement une abondante cristallisation de fluoxyniobate lamellaire, et laisse une eau mère fortement acide.

J'avais obtenu ce sel dès le commencement de mes recherches, mais m'étant borné alors au dosage de l'acide niobique et de la potasse, qui s'y trouvent dans les mêmes proportions que dans le fluoxyniobate lamellaire, j'avais cru qu'il n'en différait que parce que l'eau de cristallisation de ce dernier sel était remplacée par de l'acide fluorhydrique. Mais mon attention a été rappelée plus tard sur lui, après que j'ai eu l'occasion de préparer le fluotantalate de potasse et de constater l'isomorphisme parfait

de ces deux sels. Heureusement aucune incertitude ne peut régner sur sa véritable composition, car le dosage du fluor, et surtout le fait que ce sel ne perd rien par la fusion en présence de l'oxyde de plomb, établissent avec une parfaite certitude qu'il ne renferme point d'acide fluorhydrique et que par conséquent le fluorure niobique renferme bien 5 atomes de fluor.

Fluoxyniobate de soude.

Je n'ai pu obtenir aucun sel de ce genre en cristaux déterminés. Ils se déposent toujours en croûtes adhérentes aux parois de la capsule, offrant bien une structure cristalline, mais sans qu'il m'ait été possible d'y reconnaître aucune forme.

L'analyse de pareils dépôts montre qu'il existe plusieurs composés différents, mais la manière dont ils se forment ne permet pas de les séparer les uns des autres.

Il serait donc inutile d'en rapporter les résultats.

Je dirai seulement qu'ils me paraissent indiquer l'existence de deux fluoxyniobates au moins, savoir :

$$NbOF^3, 2\,NaF + 2\,Aq \quad \text{et} \quad NbOF^3, NaF + Aq.$$

Je n'ai pas mieux réussi en dissolvant ces sels dans un excès d'acide fluorhydrique, je n'ai encore obtenu que des croûtes cristallines dont la pureté m'a paru trop incertaine pour que leur analyse offrît quelque intérêt.

Fluoxyniobates d'ammoniaque.

Les sels de ce genre paraissent assez nombreux et sont bien cristallisés. Ils correspondent en général aux sels de potasse, et peut-être en aurais-je obtenu un aussi grand

nombre si je m'étais arrêté aussi longtemps sur leur étude. Leur préparation n'offre qu'une seule difficulté, c'est l'excessive tendance de leur dissolution à grimper le long des parois des capsules, ce que l'on ne parvient même pas à empêcher complètement en en graissant les bords.

Parmi ces sels, comme parmi ceux de potasse, le plus stable est le fluoxyniobate normal ou lamellaire. Cependant il arrive quelquefois que les autres peuvent se dissoudre et recristalliser sans changement. Cette différence tient à ce que le sel lamellaire d'ammoniaque est plus soluble que celui de potasse et ne se forme par conséquent que dans des dissolutions assez concentrées.

A) Fluoxyniobate d'ammoniaque lamellaire.

Bien que ce sel ressemble au fluoxyniobate de potasse, il n'a pas la même forme cristalline. Ses cristaux dérivent d'un prisme rhomboïdal droit. Ce sont des lames rectangulaires biseautées, résultant de la combinaison d'une large base P avec l'octaèdre rectangulaire *a e*; on y trouve quelquefois aussi les facettes $a^{1/2}$ et $e^{1/2}$ (fig. 9).

		Calculé.		Observé.	Fluoxytungstate.
P : *a*	=	112° 35	*	112° 35′	112° 20′
P : $a^{1/2}$	=	141 18		141 30	»
P : *e*	=	134 50	*	134 50	134 52
P : $e^{1/2}$	=	153 48		153 20	»
a : *e*	=	105 43		105 40	»

Ce tableau montre le parfait isomorphisme de ce sel avec le fluoxytungstate d'ammoniaque

$$WO^2F^2, 2 AzH^4F.$$

ce qui s'accorde parfaitement avec la composition de ce fluoxyniobate.

$NbOF^3, 2 AzH^4F$.

		Calculé.	Trouvé.		
Nb	94	39,00			
2 AzH^4	36	14,94	14,95	14,90	
O	16	6,64			
5 F	95	39,42	39,55		
	241	100,00			
$^1/_2$ Nb^2O^5	134	55,60	55,5	54,6	55,32

La détermination de l'acide niobique peut très-bien se faire par un simple grillage longtemps prolongé. Seulement il faut avoir soin de chauffer le sel au commencement avec une très-grande lenteur, autrement on observe des vapeurs lourdes de fluorure niobique.

Les dosages d'ammoniaque indiqués ci-dessus ont été obtenus par distillation avec la potasse caustique.

En calcinant ce sel avec un poids déterminé de chaux vive, il a perdu 21,60 p. 100 de son poids; cette perte considérée comme due au dégagement d'ammoniaque correspond exactement à 14,94 d'ammonium, c'est-à-dire au poids trouvé par le dosage direct de l'ammoniaque par distillation, ce qui prouve que ce sel ne renferme point d'eau.

Le dosage du fluor dans ce sel, et généralement dans tous les sels d'ammoniaque de ce genre, se fait très-exactement, bien qu'indirectement, par cette même expérience. Le même sel qui a subi une perte de 44,5 p. 100 par grillage, ne perd que 21,6 °/₀ par calcination avec la chaux. La différence 22,9 représente la différence entre le poids du fluor contenu dans le sel et son équivalent en oxygène ($F^2 - O$), d'où il est facile de calculer le poids du fluor; on trouve 39,55.

Ce sel ne subit aucune perte de poids jusqu'à 170 ou 180°.

B) Fluoxyniobate d'ammoniaque cubique.

Ce sel se présente en petits cristaux très-nets, cubiques ou octaèdriques, plus souvent encore en cubooctaèdres. Leurs angles sont exactement ceux du système régulier, d'ailleurs ils possèdent la réfraction simple.

Cependant ils présentent la même composition que le fluoxyniobate de potasse cuboïde, savoir :

$$NbOF^3, 3\,AzH^4F.$$

		Calculé.	Trouvé.		
Nb	94	33,82			
3 AzH⁴	54	19,42	19,63		
O	16	5,75			
6 F	114	41,01			
	278	100,00			
$^1/_2$ Nb^2O^5	134	48,20	48,18	48,2	48,3

Il ne subit aucune perte à 100 degrés.

Sa forme cristalline est exactement la même que celle du fluozirconate d'ammoniaque basique

$$ZrF^4, 3\,AzH^4F.$$

Elle est peut-être aussi la même que celle du fluotitanate d'ammoniaque basique, car ce sel cristallise ou en cube ou en un prisme carré très-voisin du cube.

D'ailleurs la comparaison de ce sel et de celui de potasse qui lui correspond exactement par sa composition, offre un nouvel exemple, à joindre à tous ceux que l'on connaît maintenant, de l'isomorphisme dans deux systèmes de cristallisation différents.

C) *Fluoxyniobate d'ammoniaque hexagonal.*

Ce sel, qui se forme en présence d'un excès de fluorure niobique, ressemble beaucoup à celui de potasse. Mais il appartient décidément au système hexagonal. Il se présente en prismes hexagonaux courts, terminés par une pyramide à six pans, très-obtuse, placée sur les angles de la base (fig. 10). Quelquefois aussi on trouve des prismes terminés par des bases droites; on peut alors facilement constater qu'ils jouissent de la double réfraction à un axe.

	Calculé.	Trouvé.
M — M =	120° 0′ *	120° 0
M : M =	60 0	60 0
a — *a* =	155 59	155 52
a ∧ *a* =	130 50	130 54
a ⌣ *a* =	137 46 *	137 46
a : M =	111 7	111 7

Formule :

$$3\,NbOF^3,\ 5\,AzH^4F,\ H^2O.$$

		Calculé.	Trouvé.	
3 Nb	282	40,06		
5 AzH^4	90	12,78	12,29	12,5
3 O	48	6,82		
14 F	266	37,78	38,80	
H^2O	18	2,56	2,96	
	704	100,00		
$^3/_2$ Nb^2O^5	402	57,10	56,8	57,2

L'eau ne peut être dosée par dessiccation. A 100 degrés elle n'est chassée qu'incomplétement, avec une extrême lenteur et avec accompagnement de vapeurs acides.

La quantité d'ammoniaque recueillie par la distillation

avec la potasse a été de 17,69 et de 18,05 p. 100; moyenne 17,87. La perte par calcination avec de la chaux vive 20,83 p. 100. La différence 2,96 indique la proportion d'eau.

D) Fluoxyniobate d'ammoniaque rectangulaire.

Ce sel s'est formé dans l'eau-mère du précédent, le fluorure niobique étant en très-grand excès.

Il m'a été impossible de déterminer exactement la forme de ses cristaux qui m'ont paru toujours maclés. Ce sont des prismes rectangulaires, A, E, (A : E = 90° 0'), terminés par une trémie à quatre pans (A : *a* et E : *e* = environ 85°) (fig. 11).

Formule : $NbOF^3, AzH^4F$.

		Calculé.	Trouvé.
Nb	94	46,08	
AzH^4	18	8,82	8,50
O	16	7,84	
4 F	76	37,26	
	204	100,00	
$^1/_2$ Nb^2O^5	134	65,68	65,7

Il ne perd rien par dessiccation jusqu'à 150 degrés.

Fluoniobate d'ammoniaque.

Je n'ai pas réussi à convertir complétement le fluoxyniobate d'ammoniaque en un fluoniobate correspondant à celui de potasse. La transformation n'est que partielle et donne naissance à un sel double.

En faisant dissoudre, à l'aide de la chaleur, le fluoxyniobate lamellaire dans un excès d'acide fluorhydrique,

on obtient par le refroidissement des mamelons formés de prismes très-fins et courts de 90 à 91 degrés, terminés par une pyramide aiguë, indéterminable.

Leur composition correspond à la formule :

$$NbF^5, 2\,AzH^4F + NbOF^3, AzH^4F.$$

		Calculé.	Trouvé.	
2 Nb	188	40,26		
3 AzH^4	54	11,56	12,67	
O	16	3,43		
11 F	209	44,75	44,67	42,79
	467	100,00		
Nb^2O^5	268	57,59	57,17	56,83

L'analyse a été faite sur le sel complétement séché à l'air. Le sel cristallisé, desséché par la pression dans du papier à filtre, puis par l'exposition à l'air pendant une ou deux heures seulement, paraît renfermer un équivalent d'eau de cristallisation (3,5 p. 100 environ).

Fluoxyniobate de zinc.

Bien que j'aie répété plusieurs fois la préparation de ce sel dans des conditions différentes, je n'ai jamais obtenu qu'un seul composé, cristallisant dans le système rhomboédrique.

Tantôt ses cristaux, courts et gros, offrent l'apparence de dodécaèdres rhomboïdaux (fig. 12) résultant de la combinaison du prisme hexagonal M et du rhomboèdre S^2. Tantôt ce sont des prismes hexagonaux allongés et minces, presque aciculaires, terminés par le rhomboèdre R, et présentant quelquefois la combinaison des deux rhomboèdres R et S^2 (fig. 13).

	Calculé.	Observé.
R' — R =	127° 7'	127° 6'
R : M =	116 26	116 25
S^2 — S^2 =	96 36	96 36
S^2 : M =	131 42	131 40
M — M =	120 0	120 0

Ces angles sont presque exactement les mêmes que ceux que l'on observe dans les cristaux de fluosilicate, de fluostannate et de fluotitanate de zinc. La composition est aussi la même, exprimée par la formule :

$$NbOF^3, ZnF^2 + 6 Aq.$$

		Calculé.	Trouvé.	
Nb	94	24,83		
Zn	65,5	17,31		
O	16	4,23		
5 F	95	25,10		
6 Aq	108	28,53		
	378,5	100,00		
$^1/_2$ Nb^2O^5	134	35,40	35,64	
ZnO	81,5	21,53	21,62	22,0

Il ne perd qu'une partie de son eau par la dessiccation à 100 degrés; l'expulsion paraît complète vers 180°, mais on ne peut guère compter sur ce dosage, car il commence aussi alors à s'exhaler des vapeurs acides.

Fluoxyniobate de cuivre.

Je n'ai également obtenu qu'un seul sel de ce genre. Il est très-soluble et ne cristallise que dans une liqueur presque sirupeuse. Ses cristaux sont d'un beau bleu et très-éclatants, mais ils s'humectent facilement, ce qui rend les mesures peu sûres.

Leur forme dérive d'un prisme rhomboïdal oblique. Ce

sont en général des octaèdres rhomboïdaux $m\mu$ assez aplatis, tronqués par les faces du prisme M, la base P, et les faces latérales E (fig. 14).

	Calculé.		Observé.
M — M =	106° 50′	*	106° 50′
E : M =	126 35		126 30
P : m =	142 20	*	142 20
P′ : M =	100 40	*	100 40
P : μ =	47 25		47 30
m — m =	136 30		136 30
E : m =	111 45		111 40
μ — μ =	126 57		126 40
E : μ =	116 31		116 25
P : (mm) =	148 27		
P : (MM) =	103 19		
P : ($\mu\mu$) =	40 52		
Angle plan de la base......			105° 20′.

C'est exactement la même forme et à quelques minutes près les mêmes angles que le fluotitanate et le fluoxytungstate de cuivre.

Formule :

$$NbOF^3, CuF^2 + 4 Aq.$$

		Calculé.	Trouvé.
Nb	94	27,61	
Cu	63,5	18.65	
O	16	4,70	
5 F	95	27,90	
4 Aq	72	21,14	
	340,5	100,00	
½ Nb^2O^5	134	39,35	38,9
CuO	79,5	23,35	23,1

Il ne perd rien par la dessiccation à 100 degrés.

J'ai jugé inutile de pousser plus loin ces recherches sur les fluoxyniobates. Il ressort en effet suffisamment de cette

étude que, à l'exception de deux sels de potasse et d'ammoniaque à composition assez complexe, il n'y a pas un de ces sels dont on ne trouve le terme correspondant, soit pour la proportion d'eau de cristallisation, soit pour la forme cristalline, dans le groupe des fluotitanates et des fluostannates, ou dans celui des fluoxytungstates, quelquefois simultanément dans ces deux genres.

Un isomorphisme aussi parfait ne peut laisser aucun doute sur la constitution que j'ai attribuée à ces sels, et corrobore d'une manière remarquable le fait que m'avait indiqué l'étude des fluoxytungstates, savoir le remplacement du fluor par l'oxygène comme éléments isomorphes.

Chlorures de niobium.

Les recherches précédentes présentaient une lacune, dont je ne me dissimulais point l'importance, au sujet de l'existence et de la composition du second acide oxygéné du niobium, de celui auquel H. Rose avait donné d'abord le nom d'acide pélopique, et plus tard d'acide niobique. J'ai déjà dit que tous les essais que j'avais tentés pour l'obtenir soit par l'oxydation, soit par la réduction de mon acide niobique par les agents les plus énergiques, avaient été infructueux.

Il ne restait évidemment d'autre voie, pour éclaircir ce point important, que de reprendre la préparation des deux chlorures niobiques avec un acide non mélangé d'acide tantalique, de les analyser et de comparer, en les convertissant en fluorures doubles, les acides résultant de leur décomposition par l'eau. J'avais même commencé quelques essais dans ce sens. Mais par suite de mon inexpérience dans ce genre de préparation, par le défaut d'ap-

pareils convenables, enfin par suite de la difficulté même, si bien exposée par H. Rose, d'obtenir à volonté l'un ou l'autre de ces chlorures, j'avais obtenu des résultats si peu satisfaisants, que je n'aurais peut-être pas eu le courage de compléter mon travail par cette méthode.

Heureusement je me trouve maintenant débarrassé de ce souci. Ce travail, que j'hésitais à entreprendre, avait été déjà exécuté par les chimistes les plus expérimentés dans ces recherches sur les chlorures métalliques volatils, par MM. H. Deville et L. Troost. Mais les résultats auxquels ils étaient parvenus ne se conciliant point avec la théorie qui était alors admise sur la composition de ces deux chlorures, ces savants, entraînés par d'autres recherches du plus haut intérêt, les avaient provisoirement laissés de côté. Ce n'est que tout récemment [1] qu'ils les ont publiés, et je trouve à la fois, dans leur Mémoire, la confirmation de l'hypothèse que j'avais faite sur la composition du chlorure hyponiobique, et la solution parfaitement claire du problème qui restait encore à résoudre, relativement à la nature du chlorure niobique et de l'acide correspondant. Qu'il me soit permis d'exposer ici ces résultats qui complètent si heureusement l'histoire des combinaisons niobiques.

Pour le chlorure hyponiobique, ou chlorure blanc de niobium, la densité de vapeur et les analyses de MM. Deville et Troost [2] s'accordent parfaitement avec la formule que j'ai admise pour ce composé, savoir celle d'un oxychlorure niobique, $Nb\,O\,Cl^3$, ce qui démontre en même temps que l'acide hyponiobique est bien $N\,b^2\,O^5$.

Quant au chlorure jaune, ou chlorure niobique, ces

[1] *Compt. rend. de l'Acad. des sciences*, séance du 12 juin 1865.
[2] Voyez *Bibl. Univ.*, *Archives*, t. XXIII, p. 222.

savants ont trouvé que sa densité de vapeur ne s'accorde point avec la formule $NbCl^4$ que lui avait attribuée H.Rose, mais qu'elle se concilierait très-bien avec la formule $NbCl^5$.

Il est évident, s'il en est ainsi, que ces deux chlorures dérivent directement l'un de l'autre par une simple substitution, et qu'ils ne peuvent donner naissance qu'à un seul et même acide lorsqu'ils sont décomposés par l'eau.

Mais MM. Deville et Troost n'ont pas pris la peine d'ajouter à la preuve résultant de cette détermination de densité, celles non moins importantes que pouvaient donner l'analyse de ce chlorure et la comparaison des propriétés de l'acide provenant de sa décomposition par l'eau avec l'acide produit par l'oxychlorure blanc [1].

Ayant exprimé à mon savant ami, M. Deville, mon regret qu'il n'eût pas saisi cette occasion pour vider définitivement cette question, il a eu l'extrême obligeance de m'envoyer l'échantillon de chlorure niobique jaune, cristallisé par fusion, pesant environ 12 grammes, et parfaitement pur, qui lui avait servi pour ces déterminations de densité, de point de fusion et de point d'ébullition, m'invitant à compléter moi-même cette partie analytique de son travail dont d'autres occupations le détournaient en ce moment.

J'ai partagé cet échantillon de chlorure niobique en trois portions qui ont été décomposées par l'eau et traitées de la manière suivante :

1° La liqueur trouble, mais dans laquelle la plus grande partie de l'acide niobique demeure dissoute, a été sursaturée d'ammoniaque, puis maintenue à une douce chaleur

[1] Cependant M. Deville me dit dans une de ses lettres qu'il avait déjà remarqué, dans la préparation qu'il avait faite des acides du niobium à l'état cristallisé par la décomposition de ces deux chlorures, qu'ils n'offraient aucune différence apparente.

jusqu'à ce qu'elle n'exhalât plus d'odeur ammoniacale et légèrement acidulée par l'acide azotique. L'acide niobique a été recueilli sur un filtre et lavé jusqu'à ce que les eaux de lavage ne fussent plus troublées par l'azotate d'argent. Ce lavage s'est fait sans aucune difficulté. L'acide niobique a été séché, puis calciné. La liqueur filtrée, neutralisée par l'ammoniaque, a été concentrée par l'évaporation, mais est restée parfaitement limpide. On l'a précipitée par l'azotate d'argent. Le chlorure d'argent a été lavé, desséché à 200° et pesé ; puis on l'a fait redissoudre par l'ammoniaque qui a laissé un très-faible résidu d'acide niobique.

2° On a ajouté à la liqueur de l'acide fluorhydrique (préalablement distillé sur du fluorure d'argent), jusqu'à ce qu'elle fût parfaitement éclaircie, puis on a précipité l'acide chlorhydrique par une dissolution de fluorure d'argent, puis l'excès d'argent par un peu d'acide chlorhydrique, enfin la liqueur filtrée a été évaporée à siccité, et le résidu converti en acide niobique par un grillage prolongé, mais commencé à une faible chaleur.

3° La troisième portion a été, comme la première, traitée par l'ammoniaque. Mais l'acide niobique n'a pas été calciné, ni pesé ; on l'a réservé pour le convertir directement en fluorure double. Dans la liqueur filtrée, on a ajouté la dissolution d'un poids d'argent pur, calculé d'après les deux premiers dosages, de manière à précipiter, à quelques milligrammes près, l'acide chlorhydrique, puis on a achevé la précipitation au moyen d'une dissolution titrée d'azotate d'argent.

J'ai obtenu ainsi les résultats suivants :

	I	II	III
Chlore	65,28	65,23	65,22
Acide niobique....	49,39	49,34	»

Ces nombres s'accordent aussi exactement que possible avec ceux qu'exigent la formule $NbCl^5$, et le poids atomique Nb = 94, savoir :

Chlore	65,38
Acide niobique	49,35

L'acide niobique, provenant de la décomposition par l'eau de la dernière portion du chlorure, a été dissous dans l'acide fluorhydrique et mêlé avec une quantité convenable de fluorure de potassium. Cette dissolution a donné par l'évaporation uniquement des cristaux identiques par leur forme, leur solubilité et leur composition avec le fluoxyniobate de potasse.

Il ne peut donc rester aucun doute sur l'identité de l'acide niobique et de l'acide hyponiobique, ce qui justifie complétement la proposition que j'ai faite de ne conserver que le premier de ces deux noms.

Je dois ajouter que je n'ai pu constater aucune trace de fluotantalate dans le sel double préparé avec le chlorure niobique de M. Deville. Cette remarque a quelque importance, car je me suis assuré récemment que les niobites du Groënland, qui ont été employées par ce savant comme matière première, renferment aussi une petite quantité d'acide tantalique.

Il me paraît facile maintenant d'expliquer l'erreur dans laquelle avait pu tomber l'illustre H. Rose, erreur qu'il eût été bien difficile de reconnaître en reprenant l'étude des composés niobiques par les mêmes méthodes que lui.

Au début de son travail, il avait parfaitement reconnu, dans la columbite de Bavière, l'existence d'un acide entièrement distinct de l'acide tantalique; c'est celui auquel il donna d'abord le nom d'acide niobique et dont l'étude

a fait l'objet de ses premiers mémoires. Il l'obtenait en décomposant par l'eau le chlorure blanc de niobium, et il a dû l'avoir à peu près pur, puisque ses analyses de ce chlorure blanc s'accordent très-bien avec celles que MM. Deville et Troost ont faites de ce même chlorure préparé avec les niobites du Groënland.

Il trouvait cet acide associé à un autre acide dont l'analogie avec l'acide tantalique lui parut telle qu'il resta plusieurs années avant de se prononcer sur sa nature; et en effet ce n'était pas autre chose que de l'acide tantalique mélangé d'acide niobique. Il l'obtenait en décomposant par l'eau un chlorure jaune qui devait être un mélange de chlorure tantalique et de chlorure niobique.

Sa méprise a commencé lorsque, ayant réussi à convertir entièrement son acide niobique en un chlorure jaune (chlorure niobique), il crut ce produit identique avec celui qu'il obtenait en traitant directement l'acide brut, et qui était un mélange du même chlorure avec celui de tantale. Or la comparaison faite par M. Deville des propriétés physiques de ces deux chlorures montre combien cette erreur était facile; en effet d'après cet habile chimiste, on a:

	Chlorure niobique.	Chlor. tantalique.
Point de fusion.......	194°	203°
Point d'ébullition.....	240,5	226

Une fois cette supposition admise, on conçoit qu'il était impossible à H. Rose de soupçonner l'existence du tantale dans ce chlorure, et de ne pas considérer les deux acides qu'il avait d'abord extraits de la columbite comme provenant d'un même radical métallique.

On peut remarquer, du reste, que les résultats des analyses faites par H. Rose de son chlorure niobique, s'accordent exactement avec ce que devait donner un mélange de chlorure niobique et de chlorure tantalique dans lequel il y aurait eu quatre parties du premier pour trois parties du second ; savoir :

	Trouvé.	Calculé.
Chlore	59,23	59,11
Acide métallique	54,13	54,21

RÉSUMÉ MÉTÉOROLOGIQUE

DE L'ANNÉE 1864

POUR GENÈVE ET LE GRAND SAINT-BERNARD

PAR

M. E. PLANTAMOUR
Professeur

Les observations météorologiques ont été poursuivies dans les deux stations, pendant l'année 1864, suivant le même plan que les années précédentes, en sorte que je me bornerai à rassembler les résultats principaux de la même manière que dans les résumés antérieurs.

Température.

Les tableaux suivants renferment, pour Genève et le St-Bernard, les moyennes mensuelles de la température observée aux différentes heures ; pour minuit, 14 heures et 16 heures, la température a été obtenue par interpolation. A la suite de chaque tableau se trouvent les formules de la variation diurne calculées d'après ces données.

GENÈVE 1864.

ÉPOQUE.	Midi.	2 h.	4 h.	6 h.	8 h.	10 h.	(Minuit)	(14 h.)	(16 h.)	18 h.	20 h.	22 h.	Températ moyenne	Minimum moyen	Maximum moyen
	°	°	°	°	°	°	°	°	°	°	°	°	°	°	°
Déc. 1863	+ 3,37	+ 4,05	+ 3,37	+ 2,40	+ 1,91	+ 1,48	+ 0,94	+ 0,51	+ 0,18	+ 0,01	+ 0,13	+ 1,75	+ 1,67	— 1,04	+ 5,80
Janvier 1864	— 1,57	— 0,77	— 1,35	— 2,44	— 3,09	— 3,69	— 4,22	— 4,52	— 4.61	— 4,77	— 4,72	— 3,46	— 3,27	— 5,87	+ 0,05
Février	+ 2 71	+ 3,33	+ 2,95	+ 1,58	+ 0,57	— 0,10	— 0,67	— 1.08	— 1,77	— 2,21	— 1,78	+ 0,79	+ 0,35	— 3,21	+ 4,87
Mars	+ 8,61	+ 9,74	+ 9,77	+ 8,29	+ 6,66	+ 5,43	+ 4,43	+ 3,55	+ 2,90	+ 3,31	+ 4,60	+ 7,15	+ 6,20	+ 2,09	+11,00
Avril	+11,63	+12,71	+13,03	+11,92	+ 9,84	+ 8,25	+ 7,04	+ 5,53	+ 4,26	+ 4,67	+ 7,84	+ 9,93	+ 8,89	+ 3.59	+14,43
Mai	+17,50	+18.35	+17,87	+16,51	+14,26	+12.72	+11,41	+ 9,86	+ 9,00	+10,12	+13,66	+15,77	+13,92	+ 8,07	+19,82
Juin	+18,30	+18,92	+19,08	+17,95	+16,14	+14,86	+13,78	+12.57	+11,98	+13,23	+15,72	+17,68	+15,85	+10,80	+20,56
Juillet	+23,20	+24,02	+23,96	+22,71	+20,27	+18,13	+16 58	+15,05	+14,20	+15,23	+19,09	+21,25	+19,48	+13,29	+25,37
Août	+21,43	+22,95	+22,89	+21,18	+18,93	+16,70	+15,22	+13,25	+12,09	+13,03	+17,00	+19,27	+17,84	+11,38	+24,36
Septembre	+17,60	+18,56	+18,10	+16,39	+14.43	+12,88	+12 09	+11,16	+10,06	+10,22	+12,93	+15.98	+14,20	+ 9,19	+19,71
Octobre	+11,54	+12,26	+11,75	+10,38	+ 9,10	+ 7,90	+ 7,21	+ 6,69	+ 6,20	+ 6,30	+ 7,50	+ 9,87	+ 8,89	+ 5,19	+13,11
Novembre	+ 5,94	+ 6,38	+ 5,62	+ 4,73	+ 4,46	+ 4,05	+ 3,89	+ 3,72	+ 3,66	+ 3,70	+ 3,91	+ 5,03	+ 4,59	+ 2,50	+ 7,28
Hiver	+ 1,47	+ 2,18	+ 1,63	+ 0,49	— 0,22	— 0,79	— 1,38	— 1,71	— 2,07	— 2,33	— 2,18	— 0,38	— 0.43	— 3,37	+ 3,37
Printenps	+12,59	+13,61	+13.56	+12,24	+10,26	+ 8,81	+ 7,68	+ 6,32	+ 5,40	+ 6,05	+ 8,71	+10,96	+ 9,68	+ 4,60	+15,09
Eté	+21,00	+22,00	+22,01	+20,64	+18,47	+16,58	+15,21	+13,63	+12,77	+13,84	+17,40	+19.42	+17,74	+11,83	+23,46
Automne	+11,69	+12,40	+11,83	+10,50	+ 9,33	+ 8,27	+ 7,72	+ 7,18	+ 6,64	+ 6,74	+ 8,11	+10.29	+ 9,23	+ 5,62	+13,36
Année	+11,72	+12,57	+12,28	+11,00	+ 9,49	+ 8,24	+ 7,33	+ 6,38	+ 5,70	+ 6,09	+ 6,02	+10,11	+ 9,08	+ 4,69	+13,85

Formules de la variation diurne de la température à Genève, pendant l'année 1864.

Décembre 1863	$t = + 1{,}^{\circ}67 + 1{,}^{\circ}75 \sin(\mu + 37{,}^{\circ}6) + 0{,}^{\circ}64 \sin(2\mu + 51{,}^{\circ}3) + 0{,}^{\circ}22 \sin(3\mu + 46{,}^{\circ}8)$
Janvier 1864	$t = - 3{,}27 + 1{,}80 \sin(\mu + 39{,}6) + 0{,}64 \sin(2\mu + 34{,}2) + 0{,}26 \sin(3\mu + 38{,}7)$
Février	$t = + 0{,}35 + 2{,}47 \sin(\mu + 38{,}2) + 0{,}88 \sin(2\mu + 49{,}8) + 0{,}17 \sin(3\mu + 103{,}2)$
Mars	$t = + 6{,}20 + 3{,}35 \sin(\mu + 42{,}1) + 0{,}50 \sin(2\mu + 51{,}5) + 0{,}12 \sin(3\mu + 228{,}4)$
Avril	$t = + 8{,}89 + 4{,}13 \sin(\mu + 39{,}2) + 0{,}44 \sin(2\mu + 92{,}6) + 0{,}44 \sin(3\mu + 226{,}8)$
Mai	$t = + 13{,}92 + 4{,}43 \sin(\mu + 49{,}5) + 0{,}56 \sin(2\mu + 107{,}8) + 0{,}39 \sin(3\mu + 242{,}4)$
Juin	$t = + 15{,}85 + 3{,}41 \sin(\mu + 50{,}7) + 0{,}35 \sin(2\mu + 138{,}5) + 0{,}39 \sin(3\mu + 239{,}5)$
Juillet	$t = + 19{,}48 + 4{,}85 \sin(\mu + 47{,}2) + 0{,}41 \sin(2\mu + 118{,}1) + 0{,}41 \sin(3\mu + 227{,}0)$
Août	$t = + 17{,}84 + 5{,}17 \sin(\mu + 43{,}0) + 0{,}51 \sin(2\mu + 98{,}5) + 0{,}45 \sin(3\mu + 246{,}0)$
Septembre	$t = + 14{,}20 + 4{,}05 \sin(\mu + 47{,}4) + 0{,}78 \sin(2\mu + 70{,}6) + 0{,}34 \sin(3\mu + 202{,}7)$
Octobre	$t = + 8{,}89 + 2{,}94 \sin(\mu + 46{,}8) + 0{,}64 \sin(2\mu + 54{,}6) + 0{,}10 \sin(3\mu + 143{,}1)$
Novembre	$t = + 4{,}59 + 1{,}19 \sin(\mu + 55{,}2) + 0{,}46 \sin(2\mu + 53{,}4) + 0{,}14 \sin(3\mu + 42{,}1)$
Hiver	$t = - 0{,}43 + 2{,}01 \sin(\mu + 38{,}3) + 0{,}72 \sin(2\mu + 45{,}2) + 0{,}20 \sin(3\mu + 59{,}5)$
Printemps	$t = + 9{,}68 + 3{,}96 \sin(\mu + 43{,}8) + 0{,}47 \sin(2\mu + 87{,}5) + 0{,}33 \sin(3\mu + 237{,}5)$
Eté	$t = + 17{,}74 + 4{,}49 \sin(\mu + 46{,}6) + 0{,}43 \sin(2\mu + 119{,}6) + 0{,}45 \sin(3\mu + 242{,}3)$
Automne	$t = + 9{,}23 + 2{,}73 \sin(\mu + 48{,}3) + 0{,}62 \sin(2\mu + 61{,}8) + 0{,}09 \sin(3\mu + 180{,}0)$
Année	$t = + 9{,}08 + 3{,}30 \sin(\mu + 44{,}8) + 0{,}50 \sin(2\mu + 72{,}1) + 0{,}16 \sin(3\mu + 230{,}2)$

SAINT-BERNARD 1864.

ÉPOQUE.	Midi.	2 h.	4 h.	6 h.	8 h.	10 h	(Minuit)	(14 h.)	(16 h.)	18 h.	20 h.	22 h.	Températ. moyenne
Déc. 1863	− 4,67	− 4,78	− 5,58	− 5,86	− 6,05	− 6,28	− 6,45	− 6,41	− 6,33	− 6,40	− 6,26	− 5,53	− 5,88
Janvier 1864	− 7,33	− 7,35	− 8,48	− 9,26	− 9,16	− 9,26	− 9,47	− 9,54	− 9,38	− 9,56	− 9,56	− 8,96	− 8,94
Février	− 7,54	− 7,77	− 9,01	−10,01	−10,39	−10,71	−10,84	−10,87	−11,08	−11,08	−10,55	− 8,73	− 9,88
Mars	− 3,39	− 3,56	− 4,60	− 6,33	− 6,77	− 7,18	− 7,40	− 7,81	− 8,08	− 7,72	− 6,07	− 4,29	− 6,10
Avril	− 0,57	− 0,33	− 0,97	− 2,62	− 4,31	− 4,51	− 4,84	− 5,59	− 6,18	− 5,59	− 3,05	− 1,65	− 3,35
Mai	+ 4,16	+ 4,47	+ 4,03	+ 2,21	+ 0,85	+ 0,50	+ 0,12	− 0,63	− 1,12	− 0,50	+ 1,77	+ 3,00	+ 1,57
Juin	+ 5,16	+ 5,18	+ 4,60	+ 3,60	+ 2,77	+ 2,46	+ 2,06	+ 1,34	+ 1,00	+ 1,70	+ 3,44	+ 4,35	+ 3,14
Juillet	+ 9,75	+ 9,89	+ 9,37	+ 8,04	+ 6,86	+ 6,44	+ 5,89	+ 5,00	+ 4,37	+ 5,20	+ 7,09	+ 9,13	+ 7,25
Août	+ 8,02	+ 8,46	+ 7,85	+ 6,44	+ 5,28	+ 5,04	+ 4,88	+ 4,26	+ 3,73	+ 4,19	+ 5,52	+ 7,26	+ 5,91
Septembre	+ 5,31	+ 5,47	+ 4,86	+ 3,68	+ 3,15	+ 2,67	+ 2,53	+ 2,00	+ 1,60	+ 1,96	+ 3,41	+ 4,80	+ 3,44
Octobre	− 0,38	− 0,10	− 0,46	− 1,43	− 1,82	− 1,94	− 2,04	− 2,63	− 3,09	− 2,91	− 1,89	− 1,13	− 1,65
Novembre	− 4,27	− 4,15	− 5,00	− 5,49	− 5,43	− 5,57	− 5,78	− 6,04	− 6,24	− 6,45	− 6,26	− 5,42	− 5,51
Hiver	− 6,49	− 6,61	− 7,66	− 8,34	− 8,49	− 8,71	− 8,88	− 8,90	− 8,87	− 8,97	− 8,75	− 7,73	− 8,20
Printemps	+ 0,07	+ 0,20	− 0,51	− 2,25	− 3,40	− 3,73	− 4,03	− 4,67	− 5,12	− 4,59	− 2,44	− 0,97	− 2,62
Eté	+ 7,67	+ 7,87	+ 7,30	+ 6,05	+ 4,99	+ 4,67	+ 4,28	+ 3,56	+ 3,06	+ 3,72	+ 5,37	+ 6,94	+ 5,46
Automne	+ 0,21	+ 0,40	− 0,20	− 1,08	− 1,37	− 1,62	− 1,77	− 2,23	− 2,58	− 2,47	− 1,58	− 0,59	− 1,24
Année	+ 0,39	+ 0,48	− 0,25	− 1,39	− 2,05	− 2,33	− 2,58	− 3,05	− 3,36	− 3,06	− 1,83	− 0,57	− 1,63

Formules de la variation diurne de la température au Saint-Bernard, pendant l'année 1864.

Décembre 1863.	$t = -5{,}88^{\circ} + 0{,}75^{\circ} \sin(\mu + 65{,}5^{\circ}) + 0{,}33^{\circ} \sin(2\mu + 65{,}0^{\circ}) + 0{,}20^{\circ} \sin(3\mu + 72{,}5^{\circ})$
Janvier 1864...	$t = -8{,}94 + 0{,}85 \sin(\mu + 61{,}9) + 0{,}56 \sin(2\mu + 56{,}6) + 0{,}36 \sin(3\mu + 43{,}9)$
Février.......	$t = -9{,}88 + 1{,}65 \sin(\mu + 67{,}6) + 0{,}74 \sin(2\mu + 71{,}1) + 0{,}23 \sin(3\mu + 89{,}2)$
Mars.........	$t = -6{,}10 + 2{,}17 \sin(\mu + 70{,}3) + 0{,}74 \sin(2\mu + 86{,}1) + 0{,}01 \sin(3\mu + 180{,}0)$
Avril.........	$t = -3{,}35 + 2{,}73 \sin(\mu + 63{,}0) + 0{,}64 \sin(2\mu + 81{,}9) + 0{,}32 \sin(3\mu + 253{,}8)$
Mai..........	$t = +1{,}57 + 2{,}63 \sin(\mu + 61{,}1) + 0{,}57 \sin(2\mu + 74{,}3) + 0{,}30 \sin(3\mu + 266{,}2)$
Juin.........	$t = +8.14 + 1{,}92 \sin(\mu + 62{,}1) + 0{,}46 \sin(2\mu + 105.3) + 0{,}18 \sin(3\mu + 270{,}0)$
Juillet.......	$t = +7.25 + 2{,}57 \sin(\mu + 58{,}5) + 0{,}63 \sin(2\mu + 101{,}0) + 0{,}24 \sin(3\mu + 242{,}4)$
Août.........	$t = +5{,}91 + 2{,}13 \sin(\mu + 59{,}1) + 0{,}60 \sin(2\mu + 72{,}8) + 0{,}18 \sin(3\mu + 256{,}4)$
Septembre....	$t = +3{,}44 + 1{,}72 \sin(\mu + 61{,}2) + 0{,}50 \sin(2\mu + 92{,}3) + 0{,}11 \sin(3\mu + 243{,}4)$
Octobre.......	$t = -1{,}65 + 1{,}24 \sin(\mu + 51{,}4) + 0{,}44 \sin(2\mu + 79{,}6) + 0{,}14 \sin(3\mu + 284{,}8)$
Novembre.....	$t = -5{,}51 + 0{,}84 \sin(\mu + 43{,}4) + 0{,}51 \sin(2\mu + 69{,}6) + 0{,}21 \sin(3\mu + 54{,}8)$
Hiver.........	$t = -8{,}20 + 1{,}04 \sin(\mu + 66{,}3) + 0{,}58 \sin(2\mu + 63{,}2) + 0{,}26 \sin(3\mu + 65{,}4)$
Printemps....	$t = -2{,}62 + 2{,}50 \sin(\mu + 64{,}2) + 0{,}67 \sin(2\mu + 84{,}5) + 0{,}25 \sin(3\mu + 260{,}7)$
Été..........	$t = +5{,}46 + 2{,}20 \sin(\mu + 59{,}6) + 0{,}51 \sin(2\mu + 92{,}8) + 0{,}21 \sin(3\mu + 256{,}3)$
Automne......	$t = -1{,}24 + 1{,}28 \sin(\mu + 54{,}1) + 0{,}48 \sin(2\mu + 80{,}3) + 0{,}05 \sin(3\mu + 319{,}4)$
Année........	$t = -1{,}63 + 1{,}75 \sin(\mu + 61{,}3) + 0{,}55 \sin(2\mu + 81{,}1) + 0{,}06 \sin(3\mu + 285{,}8)$

Si l'on compare la température de chaque mois, des saisons et de l'année entière, avec les valeurs moyennes, que j'ai déduites pour Genève des observations faites pendant les 35 années 1826-1860 (*Climat de Genève*), et pour le St-Bernard des 20 années 1841-1860 (*Archives*, t. XIII), on trouve les écarts suivants :

	GENÈVE.	SAINT-BERNARD.
	°	°
Décembre 1863...	+ 0,81	+ 2,05
Janvier 1864	— 2,93	+ 0,60
Février..........	— 0,97	— 0,90
Mars............	+ 1,72	+ 1,28
Avril..	+ 0,28	+ 0,40
Mai	+ 1,04	+ 1,37
Juin........	— 0,93	— 0,92
Juillet..........	+ 0,95	+ 1,30
Août	+ 0,04	+ 0,15
Septembre.......	— 0,09	+ 0,48
Octobre	— 0,92	— 1,06
Novembre	+ 0,14	+ 0,10
Hiver	— 1,02	+ 0,61
Printemps	+ 1,02	+ 1,02
Été	+ 0,03	+ 0,19
Automne	— 0,29	— 0,17
Année.	— 0,08	+ 0,41

Les mois de janvier et de mars sont les seuls, dont la température observée en 1864 donne, à Genève, un écart considérable avec la moyenne, et dépassant notablement les limites de l'écart probable. On ne trouve depuis 1826 que quatre années, où le mois de janvier ait été plus froid qu'en 1864, savoir en 1826, 1830, 1838 et 1848. Les seules années, au contraire, où l'on a observé un mois de mars plus chaud qu'en 1864, sont 1827, 1830, 1831, 1836, 1859 et 1862.

L'écart observé en 1864 pour la température des mois de mai, juin, juillet et octobre, se rapproche beaucoup des limites de l'écart probable ; cet écart est positif pour les mois de mai et de juillet, et il accuse par conséquent une température plus élevée que de coutume ; il est négatif pour les deux autres. Dans tous les autres mois la température a été peu différente de la moyenne. Si l'on compare les saisons, l'hiver a été plus rigoureux, à Genève, de la même quantité dont le printemps a été plus chaud que la moyenne ; l'écart négatif de l'hiver atteint à peu près les limites de l'écart probable, tandis que l'écart positif du printemps les dépasse ; aussi ne trouve-t-on depuis 1826 que huit années, où le printemps ait été plus chaud qu'en 1864, en 1827, 1828, 1830, 1831, 1834, 1841, 1862 et 1863. Pour l'été et pour l'automne, ainsi que pour l'année entière, la température a été très-peu différente en 1864 de ce qu'elle est en moyenne, les écarts sont fort peu considérables.

La comparaison des écarts observés à Genève et au St-Bernard montre, que les mois de décembre 1863 et janvier 1864 sont les seuls, où les anomalies de température aient été assez différentes dans les deux stations.

La différence est surtout prononcée en janvier, en sorte que pendant ce mois la différence de température entre Genève et le St-Bernard n'a été que de 5°,67, tandis que la valeur moyenne de cette différence est de 9°,20. La différence sur les trois mois d'hiver s'élève à 1°,63, dont la température a été relativement plus douce au St-Bernard qu'à Genève.

Les tableaux mensuels des deux stations renferment pour chaque jour la température moyenne des vingt-quatre heures, ainsi que l'écart avec la température nor-

male de cette époque de l'année; les résultats que l'on peut en déduire, au point de vue des anomalies que présente la température d'un jour, et de la variabilité d'un jour à l'autre, sont réunis dans les tableaux suivants. L'un de ces tableaux donne pour chaque station le nombre de jours dans chaque mois, dont la température moyenne des 24 heures est comprise entre des limites espacées de cinq en cinq degrés, et, en outre, la température moyenne du jour le plus froid et du jour le plus chaud. Les deux autres tableaux renferment pour chaque station, et pour chaque mois, le nombre de jours plus froids, ou plus chauds que de coutume, c'est-à-dire le nombre de ceux dont l'écart avec la température normale est négatif, ou positif; le nombre de fois, où l'écart a changé de signe entre deux jours consécutifs; l'écart moyen d'un jour avec la température normale, calculé par la somme des carrés de tous les écarts du mois; les écarts extrêmes observés pendant ce mois; le changement moyen qui s'est opéré dans la température de deux jours consécutifs, calculé par la somme des carrés des différences qui ont eu lieu, pendant le mois, d'un jour au jour suivant; enfin les variations les plus considérables qui ont eu lieu entre deux jours consécutifs. Dans ces deux dernières colonnes, je n'ai donné que la date du premier jour et non celle du lendemain.

GENÈVE 1864.

ÉPOQUE.	NOMBRE DE JOURS — très-froids. -10° à -5°	froids. -5° à 0°	froids. 0° à $+5^\circ$	tempérés. $+5^\circ$ à $+10^\circ$	tempérés. $+10^\circ$ à $+15^\circ$	chauds. $+15^\circ$ à $+20^\circ$	chauds. $+20^\circ$ à $+25^\circ$	très-chauds. $+25^\circ$ à $+30^\circ$	Jour le plus froid.	Jour le plus chaud.
Déc. 1863...	....	6	23	2	....	......	....	....	$-2^\circ,54$ le 9	$+6^\circ,71$ le 3
Janvier 1864	13	10	8	....	....	....	....	....	$-9,63$ le 4	$+4,81$ le 28
Février	2	11	12	4	....	....	....	....	$-6,33$ le 9	$+6,08$ le 16
Mars	....	....	10	18	8	....	......	....	$+1,71$ le 29	$+11,40$ le 8
Avril	....	....	2	19	8	1	....	....	$+1,30$ le 8	$+15,77$ le 27
Mai	....	....	....	3	17	11	......	....	$+9,02$ le 2	$+18,06$ le 18
Juin	....	....	....	1	9	20	....	....	$+8,16$ le 10	$+19,38$ le 23
Juillet	....	....	....	....	....	17	14	....	$+15,43$ le 2	$+23,60$ le 28
Août.	....	....	....	....	7	14	10	....	$+11,10$ le 28	$+24,89$ le 1
Septembre ..	....	....	....	....	19	11	....	....	$+10,11$ le 21	$+18,62$ le 10
Octobre.....	....	....	1	21	9	....	....	....	$+4,64$ le 16	$+13,46$ le 18
Novembre. .	.....	....	19	11	....	....	....	....	$+0,36$ le 7	$+9,92$ le 3
Année......	15	27	75	79	72	74	24	....	$-9,63$ le 4 Janvier	$+24,89$ le 1 Août

GENÈVE 1864.

ÉPOQUE	Écarts négatifs.	Écarts positifs.	Nombre de changements de signe.	Écarts moyens.	Écarts extrêmes négatifs.	Écarts extrêmes positifs.	Écart moy. entre 2 j. consécutifs.	Écarts extrêmes entre deux jours consécutifs. négatifs.	Écarts extrêmes entre deux jours consécutifs. positifs.
Déc. 1863.....	10	21	9	±2°,83	−3°,89 le 9	+5°,05 le 30	±2°,63	−5°,45 le 3	+4°,50 le 29
Janvier 1864..	23	8	3	5,10	−9,26 le 4	+4,82 le 28	2,25	−8,45 le 1	+3,04 le 23
Février.......	16	13	7	3,68	−7,01 le 9	+4,81 le 16	2,68	−5,22 le 18	+7,98 le 12
Mars.........	8	23	7	3,64	−4,46 le 30	+7,92 le 8	2,25	−4,83 le 9	+3,98 le 2
Avril.......	12	18	9	2,26	−6,17 le 8	+5,59 le 27	1,92	−5,07 le 7	+3.30 le 8
Mai(1)........	12	18	9	2,78	−3,70 le 27	+5,54 le 8	2,03	−4,62 le 11	+4,74 le 6
Juin.........	16	14	9	2,88	−8,04 le 10	+3,34 le 4	2,59	−6,78 le 9	+3,52 le 10
Juillet.......	9	22	3	2,32	−2,97 le 8	+4,91 le 28	2,01	−3,61 le 3	+4,14 le 2
Août.........	12	19	4	3,54	−5,65 le 28	+6,20 le 1	2,34	−6,38 le 23	+3,68 le 29
Septembre....	17	13	10	2,28	−3,88 le 12	+3,86 le 16	2,19	−5,23 le 11	+4,50 le 15
Octobre......	18	13	5	3.24	−5,75 le 4	+4,11 le 18	2,33	−4,19 le 18	+6,94 le 16
Novembre....	13	17	8	2,65	−5,55 le 7	+4,78 le 14	1,98	−3,54 le 6	+5,91 le 13
Année.......	166	199	83	±3,06	−9,26 le 4 Janvier	+7,92 le 8 Mars	±2,27	−8,45 le 1 Janvier	+7,98 le 12 Février

(1) L'écart était nul un jour de ce mois.

SAINT-BERNARD 1864.

ÉPOQUE.	Nombre de jours dont la température est comprise entre								Jour le plus froid.	Jour le plus chaud.
	− 25° et − 20°	− 20° et − 15°	− 15° et − 10°	− 10° et − 5°	− 5° et 0°	0° et + 5°	+ 5° et + 10°	+ 10° et + 15°		
Déc. 1863...	....	1	1	15	14	......	......	....	−15°,15 le 4	− 0°,91 le 9
Janvier 1864	1	1	11	14	4	......	......	....	−20,29 le 3	− 3,25 le 21
Février	1	8	3	13	1	3	....	....	−20,04 le 8	+ 1,75 le 13
Mars	....	....	3	16	12	......	......	....	−13,29 le 30	− 0,53 le 15
Avril	....	....	2	7	16	5	....	....	−11,41 le 8	+ 2,70 le 26
Mai	....	....	....	......	9	17	5	....	− 3,68 le 4	+ 6,50 le 17
Juin	....	....	....	......	3	17	10	....	− 4,07 le 28	+ 8,86 le 23
Juillet	....	....	....	......	...	7	18	6	+ 1,24 le 4	+12,22 le 12
Août.......	....	....	....	......	5	4	16	6	− 3,60 le 25	+12,43 le 1
Septembre ..	....	....	....	......	5	16	8	1	− 3,28 le 20	+10,26 le 10
Octobre.....	....	....	....	1	24	6	....	....	− 6,15 le 15	+ 2,90 le 17
Novembre...	....	....	1	18	11	......	....	....	−10,99 le 27	− 0,24 le 5
Année......	2	10	21	84	104	75	57	13	−20,29 le 3 Janvier	+12,43 le 1 Août

SAINT-BERNARD. 1864.

ÉPOQUE.	Écarts négatifs.	Écarts positifs.	Nombre de changements de signe.	Écarts moyens.	Écarts extrêmes		Écarts moy. entre 2 j. consécutifs.	Écarts extrêmes entre deux jours consécutifs.	
					négatifs.	positifs.		négatifs.	positifs.
Déc 1863.....	7	24	8	±4°,09	— 7°,84 le 4	+ 7°,27 le 16	±4°,01	—10°,80 le 3	+8°,23 le 4
Janvier 1864..	14	17	4	3,96	—11,11 le 3	+ 6,25 le 21	3,04	— 6,95 le 17	+7,87 le 3
Février.......	14	15	4	6,08	—10,70 le 8	+10,95 le 13	3,90	— 8,32 le 16	+9,28 le 11
Mars.........	8	23	6	3,62	— 7,31 le 30	+ 6,92 le 15	2,59	— 4,29 le 18	+6,88 le 31
Avril....... .	13	17	9	3,13	— 6,48 le 8	+ 5,22 le 26	2,75	— 6,32 le 1	+5,54 le 3
Mai..........	9	22	10	3,15	— 5,11 le 27	+ 6,04 le 17	2,37	— 5,22 le 11	+3,41 le 5
Juin.........	18	12	10	3,37	— 9,19 le 28	+ 5,15 le 6	2,92	— 5,89 le 26	+5,53 le 11
Juillet.......	9	22	9	2,96	— 4,27 le 4	+ 6,32 le 12	3,06	— 7,06 le 3	+4,89 le 23
Août.........	11	20	4	4,49	— 8,87 le 25	+ 6,22 le 1	3,08	— 7,75 le 10	+4,64 le 11
Septembre....	12	18	10	3,34	— 6,40 le 13	+ 6,39 le 10	2,80	— 7,79 le 11	+4,67 le 13
Octobre......	17	14	8	2.50	— 5,37 le 15	+ 3,98 le 17	2,17	— 3,86 le 17	+6,03 le 15
Novembre....	16	14	11	2,32	— 4,93 le 6	+ 3,64 le 5	2,48	— 8,57 le 5	+5,25 le 27
Année.......	148	218	93	±3,58	—11,11 le 3 Janvier	+10,95 le 13 Février	±2,93	—10,80 le 3 Décembre	+9,28 le 11 Février

Le jour le plus froid de l'année 1864 a été, à Genève, le 4 janvier, et le jour le plus chaud le 1er août, la différence de température entre ces deux jours étant de 34°,52. Au St-Bernard, le jour le plus froid a été le 3 janvier, le jour le plus chaud le 1er août, la différence de température entre ces deux jours étant de 32°,72. Ainsi que je l'avais déjà fait remarquer pour les années antérieures, les variations accidentelles de la température sont plus considérables au St-Bernard qu'à Genève, tandis que l'amplitude des variations périodiques et régulières y est moindre ; c'est ce que l'on peut reconnaître en comparant dans les deux stations, soit le chiffre moyen de l'écart de la température d'un jour avec sa valeur normale, ainsi que celui des écarts extrêmes, soit le chiffre moyen de la variation de la température entre deux jours consécutifs, ainsi que les plus forts écarts entre la température d'un jour et celle du lendemain.

En envisageant enfin les températures extrêmes enregistrées, à Genève, à l'aide des thermométrographes, on trouve les valeurs suivantes pour le minimum absolu et pour le maximum absolu observés dans chaque mois, ainsi que le nombre de jours où le minimum s'est abaissé au-dessous de 0°, et de ceux où le maximum ne s'est pas élevé au-dessus de 0°. Quoique l'hiver de 1864 ait été froid en moyenne, surtout le mois de janvier, le thermomètre n'est pas descendu à un degré très-bas, car la plus basse température observée en janvier a été de — 11°,0, et la plus basse température de toute l'année — 11°,9, le 10 février, n'atteint pas le chiffre du plus grand froid que l'on trouve en moyenne, à Genève, dans le courant de l'hiver.

GENÈVE 1864.

	Minimum absolu.	Date.	Maximum absolu.	Date.	Minimum au-dessous de 0.	Maximum au-dessous de 0.
	°		°			
Décemb. 1863	— 5,0	le 6 et le 9	+10,6	le 3	20	0
Janvier 1864 .	—11,0	le 4	+10,1	le 23	27	18
Février......	—11,9	le 10	+11,7	le 16	21	6
Mars.........	— 2,3	le 11	+17,2	le 7	9	0
Avril.........	— 2,3	le 1	+23,8	le 27	2	0
Mai..........	+ 0,8	le 2	+25,1	le 19	0	0
Juin	+ 5,9	le 29	+25,0	le 4	0	0
Juillet........	+ 7,0	le 2	+32,0	le 28	0	0
Août	+ 5,0	le 28	+33,0	le 1	0	0
Septembre ...	+ 4,0	le 14	+26,2	le 7	0	0
Octobre	— 1,2	le 16	+19,1	le 18	2	0
Novembre ...	— 2,4	le 28	+12,5	le 14	6	0
Année.......	—11,9	le 10 février.	+33,0	le 1 août.	87	24

L'amplitude totale de l'excursion thermométrique dans le courant de l'année 1864 est de 44°,9. Le thermomètre à minimum est descendu pour la dernière fois au-dessous de 0, au printemps, le 8 avril, mais il y a eu depuis ce jour encore plusieurs cas de gelée blanche, sans que le thermométrographe se fût abaissé au-dessous de 0, savoir les 12, 13, 18, 23 et 24 avril et le 2 mai. C'est le 9 octobre que le minimum est descendu pour la première fois en automne au-dessous de 0, la première gelée blanche de la saison a eu lieu le même jour.

A défaut de thermométrographes, on ne peut indiquer pour les températures extrêmes notées au St-Bernard que celles qui résultent des lectures faites à l'une des heures d'observation, entre 6 heures du matin et 10 heures du soir. On trouve ainsi pour la température la plus basse, et pour la température la plus élevée observées dans chaque mois :

SAINT-BERNARD 1864.

	Minimum.	Date.	Maximum.	Date.
	°		°	
Déc. 1863.	—16,2 le	4 à 10 h. soir.	+ 2,2 le	9 à midi.
Janv. 1864	—23,8 le	3 à 6 h. mat.	— 1,2 le	23 à 2 h. soir.
Février...	—21,6 les	8 à 10 h. soir. 9 à 6 h. mat.	+ 6,4 le	13 à midi.
Mars.....	—14,7 le	29 à 8 et 10 h. soir.	+ 3,8 le	15 à midi.
Avril.....	—14,8 le	8 à 10 h. soir.	+ 8,2 le	26 à 2 h. soir.
Mai......	— 6,6 le	1 à 6 h. mat.	+11,3 le	17 à 4 h. soir.
Juin......	— 5,0 le	28 à 6 h. mat.	+12,4 le	23 à midi.
Juillet....	+ 0,4 le	1 à 10 h. soir.	+16,2 le	28 à 10 h. mat.
Août	— 4,2 le	25 à 6 et 8 h. mat.	+16,4 le	1 à 10 h. mat.
Septembre	— 4,6 le	14 à 6 h. mat.	+14,8 le	10 à midi.
Octobre...	— 7,0 le	15 à 6 h. m. et 10 h. s	+ 6,8 le	17 à 2 h. soir.
Novembre.	—13,2 le	30 à 8 h. mat.	+ 2,8 le	5 à midi.
Année....	—23,8 le	3 janvier à 6 h. mat.	+16,4 le	1 août à 10 h. mat.

Le mois de juillet est ainsi le seul de l'année, où toutes les lectures du thermomètre faites de 6 heures du matin à 10 heures du soir aient accusé des températures supérieures à 0, et le mois de janvier le seul où toutes les lectures aient été au-dessous de 0. Le petit lac près de l'hospice a été débarrassé de la glace qui le recouvrait le 24 juin, soit 24 jours plus tôt que de coutume; la congélation a eu lieu dans la nuit du 16 au 17 octobre, ce qui est à très-peu près l'époque moyenne.

Je donne dans le tableau suivant les moyennes mensuelles de la température du Rhône, l'excédant sur la moyenne des huit années 1853-60, les extrêmes observés dans le courant du mois, enfin la différence entre la température de l'eau et celle de l'air.

TEMPÉRATURE DU RHONE 1864.

	Moyenne.	Excédant.	Minimum.	Maximum.	Diff. entre la temp. de l'eau et celle de l'air
	o	o	o	o	o
Déc. 1863.	+ 7,74	+1,31	6,1 le 23	9,0 le 1	+6,07
Janv. 1864	+ 4,45	—0,48	3,7 le 30	5,1 le 29	+7,72
Février ..	+ 4,50	—0,10	2,7 le 20	5,8 le 29	+4,15
Mars	+ 6,34	+0,38	5,4 le 12	7,5 le 21 et 24	+0,14
Avril	+ 9,11	+0 59	5,3 le 9	12,1 le 27	+0,22
Mai	+12,47	+1,98	7,9 le 10	16,3 le 21	—1,45
Juin	+14,73	+0,22	7,1 le 11	18,7 le 25	—1,12
Juillet....	+19 64	+2,00	13,8 le 1	22,0 le 30	+0,16
Août	+19,28	+0,73	15,5 le 25	23,2 le 9	+1,44
Septembre	+16,83	—0,03	14,4 le 5	18,0 le 10	+2,63
Octobre...	+14,03	+0,01	12,4 le 24	16,7 le 1	+5,14
Novembre.	+ 9,31	—0,36	7,0 le 30	12,7 le 3	+4,72
Année ...	+11,63	+0,58	2,7 le 20 février.	23,2 le 9 août.	+2,55

Les données qui permettent d'apprécier la variabilité de la température du Rhône sont réunies dans le tableau suivant, qui renferme : l'écart moyen de la température d'un jour avec la valeur normale, calculé par la somme des carrés de tous les écarts du mois ; les écarts extrêmes observés dans le courant de chaque mois avec la date correspondante (au mois de décembre la température a été constamment au-dessus de la valeur normale, et les écarts sont tous positifs, en sorte que le plus fort écart négatif est remplacé par le plus faible écart positif) ; l'écart moyen entre deux jours consécutifs calculé également par la somme des carrés des différences entre deux jours consécutifs ; enfin les différences les plus considérables observées du jour au lendemain.

Époque.	Écart moy. d'un jour.	Écarts extrêmes		Écarts moy. entre 2 j. consécutifs.	Écarts extrêmes entre deux jours consécutifs.	
		négatifs.	positifs.		négatifs.	positifs.
Déc 1863 ...	± 1°,25	+0°,2 le 23	+1°,7 le 12	± 0°,43	−1°,2 le 31	+1°,1 le 23
Janvier 1864.	0,59	−1,2 le 4 et le 6	+0,7 le 29	0,50	−1,4 le 29	+1,0 le 4
Février......	0,67	−2,1 le 20	+0,6 le 29	0,57	−1,3 le 4	+1,1 le 20
Mars........	0,53	−0,6 le 29 et 30	+1,1 le 21	0,25	−0,6 le 28	+0,5 le 16
Avril........	1,71	−2,3 le 9	+3,1 le 27	0,59	−1,8 le 7	+1,3 le 13
Mai	2,80	−2,3 le 10	+4,9 le 21	0,81	−2,0 le 2	+1,8 le 18
Juin	2 67	−6.7 le 11	+4,4 le 7	2,01	−6,0 le 9	+3,7 le 11
Juillet.......	2,65	−2,4 le 1	+3,6 le 25 et 30	0,56	−0,5 le 26	+1.9 le 1
Août	2,72	−3,0 le 25	+4,5 le 9	1,15	−4,7 le 9	+1,8 le 10
Septembre...	1,18	−3,5 le 5	+1,2 le 29 et 30	0,52	−1,1 le 3	+1,1 le 8
Octobre ...	0,49	−0,3 le 24	+1,2 le 1	0,27	−0,7 le 3	+0,5 le 24
Novembre ...	1,10	−2,0 le 7	+1,3 le 3	0,60	−1,4 le 5	+1,2 le 7

Pression atmosphérique.

Je donne, suivant la forme habituelle, pour les deux stations, la hauteur moyenne du baromètre dans chaque mois, ainsi que la différence entre la hauteur pour chacune des heures d'observation et la hauteur moyenne; pour minuit, 14 heures et 16 heures, la hauteur a été obtenue par interpolation. A la suite de ces tableaux se trouvent les formules représentant la variation diurne du baromètre, calculées d'après ces données.

GENÈVE 1864.

ÉPOQUE.	Hauteur moyenne	Midi.	2 h.	4 h.	6 h.	8 h.	10 h.	(Minuit)	(14 h.)	(16 h.)	18 h.	20 h.	22 h.
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
Déc. 1863	732,49	−0,02	−0,75	−0,79	−0,38	+0,06	+0,16	+0,14	+0,18	+0,15	+0,25	+0,37	+0,65
Janvier 1864 ..	733,14	−0,04	−0,47	−0,39	−0,06	+0,29	+0,43	+0,31	0,00	−0,30	−0,22	+0,08	+0,35
Février	724,50	+0,19	−0,55	−0,66	−0,29	0,00	+0,15	+0,06	0,00	0,00	+0,18	+0,44	+0,48
Mars	720,86	+0,35	−0,21	−0,59	−0,43	+0,03	+0,28	+0,22	0,00	−0,18	−0,16	+0,19	+0,46
Avril	727,03	+0,01	−0,56	−0,90	−0,78	−0,21	+0,16	+0,17	+0,12	+0,22	+0,50	+0,64	+0,61
Mai	725,40	−0,03	−0,46	−0,75	−0,79	−0,34	+0,13	+0,30	+0,24	+0,30	+0,47	+0,58	+0,39
Juin	727,66	+0,07	−0,18	−0,48	−0,51	−0,20	+0,19	+0,25	+0,12	+0,08	+0,16	+0,29	+0,18
Juillet	727,73	−0,04	−0,42	−0,74	−0,84	−0,43	+0,17	+0,47	+0,38	+0,28	+0,34	+0,50	+0,31
Août	728,46	+0,14	−0,39	−0,82	−0,88	−0,35	+0,07	+0,26	+0,20	+0,21	+0,41	+0,61	+0,58
Septembre	728,93	+0,13	−0,38	−0,71	−0,65	−0,07	+0,15	+0,09	−0,06	+0,02	+0,32	+0,58	+0,61
Octobre	722,98	+0,04	−0,51	−0,65	−0,20	+0,17	+0,47	+0,15	−0,24	−0,30	+0,06	+0,53	+0,48
Novembre	724,06	+0,04	−0,30	−0,20	+0,08	+0,25	+0,32	+0,10	−0,24	−0,44	−0,23	+0,22	+0,41
Hiver	730,16	+0,04	−0,59	−0,61	−0,24	+0,13	+0,25	+0,18	+0,07	−0,05	+0,07	+0,30	+0,50
Printemps	724,40	+0,11	−0,41	−0,74	−0,66	−0,17	+0,19	+0,23	+0,12	+0,11	+0,27	+0,47	+0,49
Eté	727,95	+0,05	−0,33	−0,68	−0,74	−0,32	+0,15	+0,33	+0,24	+0,19	+0,31	+0,47	+0,36
Automne	725,30	+0,07	−0,40	−0,52	−0,26	+0,12	+0,31	+0,11	−0,18	−0,24	+0,05	+0,45	+0,50
Année	726,95	+0,07	−0,43	−0,64	−0,48	−0,07	+0,22	+0,21	+0,06	0,00	+0,17	+0,42	+0,46

Formules de la variation diurne du baromètre à Genève, pendant l'année 1864.

Déc. 1863...	$B = 732{,}49^{mm} + 0{,}42^{mm} \sin(\mu + 199{,}3^{\circ}) + 0{,}36^{mm} \sin(2\mu + 167{,}1^{\circ}) + 0{,}15^{mm} \sin(3\mu + 148{,}4^{\circ})$
Janv. 1864..	$B = 733{,}14 + 0{,}16 \sin(\mu + 275{,}4) + 0{,}37 \sin(2\mu + 156{,}6) + 0{,}09 \sin(3\mu + 186{,}3)$
Février	$B = 724{,}50 + 0{,}30 \sin(\mu + 185{,}7) + 0{,}35 \sin(2\mu + 165{,}8) + 0{,}09 \sin(3\mu + 139{,}4)$
Mars	$B = 720{,}86 + 0{,}16 \sin(\mu + 180{,}0) + 0{,}40 \sin(2\mu + 135{,}0) + 0{,}06 \sin(3\mu + 108{,}4)$
Avril	$B = 727{,}03 + 0{,}60 \sin(\mu + 187{,}7) + 0{,}35 \sin(2\mu + 158{,}5) + 0{,}04 \sin(3\mu + 33{,}7)$
Mai.......	$B = 725{,}40 + 0{,}59 \sin(\mu + 193{,}4) + 0{,}25 \sin(2\mu + 147{,}0) + 0{,}06 \sin(3\mu + 337{,}3)$
Juin	$B = 727{,}66 + 0{,}30 \sin(\mu + 195{,}4) + 0{,}21 \sin(2\mu + 129{,}1) + 0{,}06 \sin(3\mu + 346{,}0)$
Juillet......	$B = 727{,}73 + 0{,}59 \sin(\mu + 198{,}7) + 0{,}27 \sin(2\mu + 124{,}3) + 0{,}07 \sin(3\mu + 303{,}7)$
Août.......	$B = 728{,}46 + 0{,}60 \sin(\mu + 183{,}8) + 0{,}32 \sin(2\mu + 139{,}4) + 0{,}03 \sin(3\mu + 344{,}5)$
Septembre..	$B = 728{,}93 + 0{,}43 \sin(\mu + 177{,}3) + 0{,}36 \sin(2\mu + 159{,}1) + 0{,}04 \sin(3\mu + 33{,}7)$
Octobre .. .	$B = 722{,}98 + 0{,}18 \sin(\mu + 196{,}4) + 0{,}49 \sin(2\mu + 169{,}4) + 0{,}01 \sin(3\mu + 270{,}0)$
Novembre ..	$B = 724{,}06 + 0{,}08 \sin(\mu + 10{,}4) + 0{,}35 \sin(2\mu + 167{,}9) + 0{,}08 \sin(3\mu + 208{,}7)$
Hiver	$B = 730{,}16 + 0{,}26 \sin(\mu + 206{,}3) + 0{,}36 \sin(2\mu + 163{,}2) + 0{,}11 \sin(3\mu + 158{,}2)$
Printemps ..	$B = 724{,}40 + 0{,}45 \sin(\mu + 189{,}0) + 0{,}33 \sin(2\mu + 146{,}4) + 0{,}02 \sin(3\mu + 41{,}4)$
Eté..... ..	$B = 727{,}95 + 0{,}49 \sin(\mu + 192{,}3) + 0{,}27 \sin(2\mu + 132{,}0) + 0{,}06 \sin(3\mu + 323{,}7)$
Automne ..	$B = 725{,}30 + 0{,}18 \sin(\mu + 182{,}2) + 0{,}40 \sin(2\mu + 165{,}6) + 0{,}02 \sin(3\mu + 318{,}6)$
Année	$B = 726{,}95 + 0{,}34 \sin(\mu + 192{,}2) + 0{,}33 \sin(2\mu + 153{,}0) + 0{,}01 \sin(3\mu + 180{,}0)$

Observations du baromètre faites au SAINT-BERNARD en 1864.

ÉPOQUE.	Hauteur moyenne.	Midi.	2 h.	4 h.	6 h.	8 h.	10 h.	(Minuit)	(14 h.)	(16 h.)	18 h.	20 h.	22 h.
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
Décembre 1863.	565,52	+0,17	−0,23	−0,20	−0,20	+0,11	+0,13	+0,06	−0,09	−0,24	−0,13	+0,13	+0,50
Janvier 1864...	564,42	−0,10	−0,26	−0,06	+0,07	+0,29	+0,42	+0,31	−0,05	−0,40	−0,33	−0,07	+0,23
Février	558,29	0,00	−0,31	−0,23	+0,03	+0,26	+0,29	+0,11	−0,11	−0,22	−0,09	+0,10	+0,13
Mars	557,77	+0,06	−0,04	−0,09	+0,08	+0,41	+0,46	+0,24	−0,18	−0,45	−0,40	−0,14	+0,05
Avril	562,91	+0,06	−0,06	−0,09	+0,07	+0,35	+0,40	+0,26	−0,07	−0,34	−0,34	−0,20	−0,02
Mai......... .	564,33	+0,01	+0,02	+0,01	−0,02	+0,14	+0,32	+0,32	−0,01	−0,31	−0,29	−0,15	−0,05
Juin	566,92	+0,03	0,00	+0,01	+0,04	+0,15	+0,34	+0,32	−0,03	−0,34	−0,31	−0,12	−0,07
Juillet	568,83	−0,02	+0,06	+0,08	+0,14	+0,34	+0,46	+0,36	−0,11	−0,48	−0,44	−0,27	−0,14
Août	568,83	−0,01	−0,01	0,00	+0,09	+0,36	+0,36	+0,16	−0,20	−0,37	−0,31	−0,09	−0,03
Septembre	568,20	−0,01	−0,08	−0,08	−0,02	+0,16	+0,21	+0,16	−0,03	−0,21	−0,20	−0,02	+0,10
Octobre	561,53	+0,13	−0,12	−0,11	+0,14	+0,32	+0,38	+0,16	−0,14	−0,39	−0,41	−0,12	+0,12
Novembre.....	559,98	−0,07	−0,25	−0,09	+0,17	+0,32	+0,37	+0,14	−0,11	−0,27	−0,19	−0,06	+0,08
Hiver..... ...	562,84	+0,03	−0,26	−0,16	−0,03	+0,22	+0,29	+0,16	−0,08	−0,29	−0,18	+0,06	+0,29
Printemps.....	561,66	+0,04	−0,03	−0,06	+0,04	+0,30	+0,39	+0,27	−0,09	−0,37	−0,35	−0,17	−0,01
Été...........	568,21	0,00	+0,02	+0,03	+0,09	+0,28	+0,39	+0,28	−0,12	−0,40	−0,36	−0,16	−0,08
Automne	563,22	+0,02	−0,15	−0,09	+0,10	+0,27	+0,32	+0,15	−0,10	−0,29	−0,27	−0,07	+0,10
Année	563,99	+0,02	−0,10	−0,07	+0,05	+0,27	+0,35	+0,22	−0,10	−0,34	−0,29	−0,09	+0,08

Si l'on prend la différence entre la pression atmosphérique observé à Genève et au Saint-Bernard, on trouve pour le poids de la couche d'air comprise entre les deux stations.

ÉPOQUE.	Hauteur moyenne.	Midi.	2 h.	4 h.	6 h.	8 h.	10 h.	(Minuit)	(14 h.)	(16 h.)	18 h.	20 h.	22 h.
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
Hiver.........	167,32	+0,01	−0,33	−0,45	−0,21	−0,09	−0,04	+0,02	+0,15	+0,24	+0,25	+0,24	+0,21
Printemps.....	162,74	+0,07	−0,38	−0,68	−0,70	−0,47	−0,20	−0,04	+0,21	+0,48	+0,62	+0,64	+0,50
Eté....	159,74	+0,05	−0,35	−0,71	−0,83	−0,60	−0,24	+0,05	+0,36	+0,59	+0,67	+0,63	+0,44
Automne... ..	162,08	+0,06	−0,25	−0,42	−0,35	−0,14	−0,01	−0,04	−0,08	+0,06	+0,32	+0,52	+0,40
Année	162,96	+0,05	−0,32	−0,57	−0,53	−0,33	−0,12	0,00	+0,16	+0,34	+0,46	+0,51	+0,39

Formules de la variation diurne du baromètre au Saint-Bernard, pendant l'année 1864.

		mm	mm, °	mm, °	mm, °
Décembre 1863.	B =	565,52	+ 0,06 sin (μ + 129,8)	+ 0,27 sin (2 μ + 151,6)	+ 0,07 sin (3 μ + 171,9)
Janvier 1864...	B =	564,42	+ 0,21 sin (μ + 323,7)	+ 0,27 sin (2 μ + 153,4)	+ 0,09 sin (3 μ + 220,6)
Février......	B =	558,29	+ 0,09 sin (μ + 296,6)	+ 0,24 sin (2 μ + 170,5)	+ 0,03 sin (3 μ + 161,6)
Mars........	B =	557,77	+ 0,28 sin (μ + 340,9)	+ 0,27 sin (2 μ + 145,7)	+ 0,01 sin (3 μ + 0,0)
Avril.........	B =	562,91	+ 0,25 sin (μ + 331,4)	+ 0,22 sin (2 μ + 136,8)	+ 0,01 sin (3 μ + 90,0)
Mai..........	B =	564,33	+ 0,20 sin (μ + 330,3)	+ 0,18 sin (2 μ + 116,6)	+ 0,06 sin (3 μ + 288,4)
Juin........	B =	566,92	+ 0,21 sin (μ + 333,0)	+ 0,18 sin (2 μ + 122,8)	+ 0,07 sin (3 μ + 283,2)
Juillet.......	B =	568,83	+ 0,36 sin (μ + 338,8)	+ 0,21 sin (2 μ + 127,1)	+ 0,07 sin (3 μ + 294,8)
Août..........	B =	568 83	+ 0,24 sin (μ + 344,7)	+ 0,19 sin (2 μ + 154,9)	+ 0,08 sin (3 μ + 327,8)
Septembre....	B =	568,20	+ 0,10 sin (μ + 325,5)	+ 0,15 sin (2 μ + 143,1)	+ 0,03 sin (3 μ + 225,0)
Octobre.......	B =	561,53	+ 0,22 sin (μ + 347,0)	+ 0,25 sin (2 μ + 147,1)	+ 0,05 sin (3 μ + 151,0)
Novembre.....	B =	559,98	+ 0,19 sin (μ + 325,6)	+ 0,21 sin (2 μ + 171,7)	+ 0,03 sin (3 μ + 180,0)
Hiver.........	B =	562,84	+ 0,07 sin (μ + 315,0)	+ 0,26 sin (2 μ + 157,4)	+ 0,06 sin (3 μ + 197,2)
Printemps....	B =	561,66	+ 0,24 sin (μ + 335,1)	+ 0,21 sin (2 μ + 135,0)	+ 0,02 sin (3 μ + 315,0)
Eté..........	B =	568,21	+ 0,27 sin (μ + 339,4)	+ 0,18 sin (2 μ + 135,0)	+ 0,05 sin (3 μ + 290,7)
Automne......	B =	563,22	+ 0,17 sin (μ + 334,6)	+ 0,20 sin (2 μ + 154,2)	+ 0,03 sin (3 μ + 176,5)
Année........	B =	563,99	+ 0,19 sin (μ + 334,8)	+ 0,21 sin (2 μ + 145,7)	+ 0,02 sin (3 μ + 243,4)

Si l'on compare la hauteur moyenne du baromètre pour chaque mois avec les valeurs moyennes, que j'ai déduites pour Genève de 25 années, 1836-60 (v. *Climat de Genève*), et pour le St-Bernard de 20 années, 1841-60 (v. *Archives*, t. XIII), on trouve les différences suivantes :

	GENÈVE.	SAINT-BERNARD.
	mm	mm
Décembre 1863	+ 4,57	+ 3,68
Janvier 1864...	+ 5,93	+ 4,13
Février	— 1,52	— 1,31
Mars	— 4,91	— 2,68
Avril	+ 3,18	+ 2,15
Mai.	+ 0,66	+ 0,91
Juin..........	+ 0,59	— 0,11
Juillet	+ 0,03	+ 0,42
Août	+ 0,84	+ 0,58
Septembre	+ 1,64	+ 1,11
Octobre	— 3,56	— 2,93
Novembre.....	— 1,61	— 1,81
Année	+ 0,49	+ 0,35

Dans les deux stations la pression atmosphérique a été plus forte que de coutume ; à Genève, la différence se rapproche beaucoup des limites de l'écart probable.

Dans les mois de décembre, janvier, mars, avril, septembre et octobre, la différence dépasse notablement les limites de l'écart probable.

Avec les données suivantes pour l'année 1864 : 726^{mm},95 et 563^{mm},99 pour la hauteur moyenne du baromètre dans les deux stations, + 9°,08 et —1°,63 pour la température moyenne de l'air, 0,76 et 0,80 pour la fraction moyenne de saturation, je trouve, d'après mes tables hypsométriques, 2068^{m},2 pour la différence d'altitude ; le nivellement direct a donné 2070^{m},3.

J'ai réuni dans les tableaux suivants les données qui permettent d'apprécier la variabilité du baromètre dans les deux stations, soit que l'on considère l'écart absolu entre la hauteur du baromètre pour un jour et la valeur normale, soit que l'on considère la variation entre deux jours consécutifs. L'écart moyen dans chaque mois a été calculé par la somme des carrés de tous les écarts du mois, de même aussi la variation moyenne entre deux jours consécutifs.

GENÈVE 1864.

ÉPOQUE.	Écarts négatifs.	Écarts positifs.	Nombre de changements de signe.	Écarts moyens.	Écarts extrêmes		Écarts moy. entre 2 j. consécutifs.	Écarts extrêmes entre deux jours consécutifs.	
					négatifs.	positifs.		négatifs.	positifs.
				mm	mm	mm	mm	mm	mm
Déc. 1863…	6	25	7	±7,06	− 5,34 le 2	+11,67 le 7	±4,27	− 9,79 le 1	+12,10 le 3
Janvier 1864..	3	28	1	7,04	− 7,73 le 1	+11,40 le 20	2,33	− 5,12 le 27	+ 5,90 le 29
Février…….	20	9	3	7,04	−14,52 le 21	+ 9,96 le 14	4,55	− 6,91 le 20	+10,45 le 11
Mars………	22	9	4	8,19	−16,88 le 29	+10,53 le 13	4,69	− 8,28 le 26	+11,92 le 9
Avril…….	4	26	4	3,77	− 2,47 le 16	+ 6,56 le 23	1,93	− 2,81 le 9	+ 4,10 le 17
Mai……….	13	18	9	3,16	− 5,85 le 9	+ 5,80 le 1	2,72	− 6,31 le 25	+ 4,52 le 9
Juin ………	12	18	8	3,90	− 6,26 le 14	+ 6,96 le 20	2,76	− 4,50 le 6	+ 5,06 le 16
Juillet……..	16	15	11	1,97	− 3,88 le 3	+ 5,35 le 31	2,03	− 3,23 le 8	+ 4,62 le 3
Août………	12	19	6	3,76	− 8,16 le 19	+ 5,32 le 12	2,71	− 4,67 le 22	+ 7,71 le 23
Septembre….	10	20	7	4,15	− 6,32 le 17	+ 7,74 le 26	2,52	− 4,45 le 29	+ 7,00 le 4
Octobre ……	20	11	7	6,56	−16,73 le 26	+ 3,17 le 7	3,22	− 7,45 le 25	+ 7,97 le 29
Novembre ….	18	12	6	7,38	−18,43 le 15	+ 9,15 le 29	4,94	−11,31 le 13	+11,30 le 26
Année……..	156	210	73	±5,33	−18,43 le 15 Novembre	+11,67 le 7 Décembre	±3,22	−11,31 le 13 Novembre	+12,10 le 3 Décembre

SAINT-BERNARD 1864.

ÉPOQUE.	Écarts négatifs.	Écarts positifs.	Nombre de changements de signe.	Écarts moyens.	Écarts extrêmes		Écarts moyens entre 2 j. conséeut.	Écarts extrêmes entre deux jours consécutifs.	
					négatifs.	positifs.		négatifs	positifs
				mm	mm	mm	mm	mm	mm
Décemb. 1863	6	25	7	±5,92	— 3,08 le 17	+10,23 le 8	±3,41	— 8,04 le 16	+ 6,68 le 18
Janvier 1864.	5	26	3	6,12	— 7,73 le 3	+ 9,68 le 26	2,16	— 5,08 le 27	+ 6,21 le 3
Février......	17	12	5	7,65	—12,69 le 9	+12,36 le 14	4,61	— 9,98 le 16	+10,26 le 11
Mars........	21	10	5	6,25	—16,31 le 29	+ 8,15 le 13	3,29	— 5,82 le 26	+ 8,99 le 30
Avril.......	10	20	10	3,18	— 1,86 le 2	+ 6,69 le 25	2,21	— 3,92 le 28	+ 4,80 le 17
Mai.........	13	18	8	3,03	— 6,05 le 27	+ 7,20 le 18	2,12	— 4,77 le 25	+ 4,25 le 27
Juin........	15	15	7	3,19	— 5,36 le 10	+ 4,61 le 20	2,21	— 4,45 le 26	+ 4,36 le 16
Juillet......	15[1]	15	7	2,00	— 2,54 le 1	+ 6,07 le 31	1,50	— 3,83 le 12	+ 3,15 le 10
Août.......	12	19	8	2,51	— 4,87 le 19	+ 4,73 le 5	2,03	— 4,83 le 22	+ 3.98 le 24
Septembre...	12	18	4	3,56	— 4.03 le 4	+ 6,05 le 26	2,10	— 3,84 le 10	+ 5,65 le 4
Octobre.....	27	4	5	4,16	— 9,75 le 29	+ 2,16 le 31	2,29	— 4,32 le 25	+ 6,06 le 29
Novembre...	21	9	4	5,78	—14,91 le 15	+ 5,65 le 29	3,64	— 7,27 le 23	+ 8,06 le 27
Année......	174	191	73	±4,45	—16,31 le 29 Mars	+12,36 le 14 Février	±2,63	— 9,98 le 16 Février	+10,26 le 11 Fevrier

[1] L'écart était nul un jour de ce mois, le 25.

On a relevé également le maximum absolu, et le minimum absolu, de la pression observée pendant chaque mois, ainsi que l'amplitude totale de l'excursion ; voici les chiffres pour les deux stations :

GENÈVE 1864.

	Maximum.	Date.	Minimum.	Date.	Amplitude.
	mm		mm		mm
Décembre 1863	739,31	le 7	718,13	le 3	21,18
Janvier 1864..	739,63	le 20	719,32	le 1	20,31
Février	737,60	le 2	710,27	le 21	27,33
Mars	736,62	le 13	704,02	le 29	32,60
Avril	731,54	le 23	720,17	le 15	11,37
Mai	731,39	le 18	717,49	le 8	13,90
Juin	734,91	le 20	719,37	le 14	15,54
Juillet	734,14	le 31	722,98	le 3	11,16
Août	734,37	le 11	717,90	le 19	16.47
Septembre ...	735.09	le 26	719,12	le 16	15,97
Octobre	730,07	le 7	706,49	le 26	23,58
Novembre. ...	736,62	le 29	707,31	le 15	29,31
Année	739,63	le 20 janvier.	704,02	le 29 mars.	35,61

SAINT-BERNARD 1864.

	Maximum.	Date.	Minimum.	Date.	Amplitude.
	mm		mm		mm
Décembre 1863	572,24	le 8	556,01	le 22	16,23
Janvier 1864..	570,51	le 26	551,93	le 3	18,58
Février	573,13	le 14	546,96	le 9	26,17
Mars.........	568,70	le 13	542,49	le 29	26,21
Avril	568,71	le 25	557,46	le 2	11,25
Mai	571,32	le 18	557,35	le 27	13,97
Juin.........	572,11	le 22	558,69	le 10	13,42
Juillet	575,20	le 31	565,03	le 1	10,17
Août.........	574,11	le 1	562,61	le 24	11,50
Septembre....	573,66	le 9	562,57	le 19	11,09
Octobre	567,06	le 31	552,21	le 29	14,85
Novembre....	568,89	le 4	546,58	le 15	22,31
Année	575,20	le 31 juillet.	542,49	le 29 mars.	32,71

État hygrométrique de l'air.

Les résultats des observations psychrométriques faites à Genève, pendant l'année 1864, sont consignés dans les tableaux suivants; pour la tension de la vapeur, la moyenne des 24 heures a été déduite de la moyenne des neuf observations diurnes, en ajoutant une correction tirée des formules auxquelles j'étais arrivé dans mon mémoire sur le climat de Genève, pour représenter la variation diurne de cet élément. J'ai ajouté le minimum absolu et le maximum absolu observés dans le courant de chaque mois. J'ai calculé directement, d'après les neuf observations diurnes, les formules qui représentent la variation diurne de la fraction de saturation pour chaque mois de l'année 1864; c'est d'après ces formules qu'ont été interpolés les chiffres qui donnent la fraction pour minuit, 14 heures et 16 heures. Le minimum absolu de la fraction de saturation observé dans chaque mois est également noté, ainsi que le nombre de cas où le maximum a atteint l'unité, c'est-à-dire, où l'air était saturé au moment de l'observation.

GENÈVE 1864. — Tension de la vapeur.

ÉPOQUE.	Midi.	2 h.	4 h.	6 h.	8 h.	10 h.	18 h.	20 h.	22 h.	TENSION moyenne des 24 h.	TENSION Minimum absolu.	TENSION Maximum absolu.
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
Déc. 1863....	4,53	4,73	4,66	4,60	4,49	4,46	4,33	4,24	4,32	4,46	2,83	7,25
Janvier 1864.	3,54	3,55	3,58	3,55	3,41	3,37	3,20	3,16	3,39	3,39	1,29	6,18
Février	4,43	4,40	4,47	4,40	4,18	4,08	3,86	3,77	4,14	4,16	1,83	6,98
Mars	5,34	5,13	5,17	5,28	5,40	5,28	5,07	5,17	5,37	5,20	2,53	8,20
Avril	5,51	5,53	5,25	5,35	5,43	5,63	5,28	5,51	5,41	5,38	1,77	9 88
Mai.........	8,14	8,14	7,82	8.08	8,25	8,36	7,99	8,41	8,41	8,16	4,21	12,87
Juin........	9,67	9,66	9,55	9,83	9,90	9.88	9,93	10,08	10,14	9,81	5,16	11,56
Juillet	10,98	10,52	10,58	10,99	11,48	11,17	10,91	11,31	11,19	10,96	6,22	12,52
Août	9.40	9,03	8,92	9,24	9,11	9,20	9,05	9,34	9,46	9,07	4,84	15,46
Septembre ..	9,97	9,70	10,04	10,08	9,95	9,44	8,74	9,65	9,78	9,54	5,66	15,22
Octobre	6,78	6,78	6,86	6,83	6,71	6,54	6,28	6,52	6,76	6,54	4,22	10,16
Novembre...	5,75	5.67	5,58	5,58	5,53	5,49	5,41	5,38	5,66	5,53	3,38	8.00
Hiver.......	4,16	4,22	4,23	4,18	4,02	3,97	3,79	3,72	3,95	4,00	1.29	7,25
Printemps...	6,34	6,28	6,09	6,25	6,37	6,43	6,12	6,37	6,41	6.26	1,77	12,87
Été.........	10.02	9,74	9,69	10,02	10,17	10,08	9,96	10,25	10.26	9,95	4,84	15 46
Automne	7,49	7,37	7,48	7,49	7,39	7,15	6,80	7,18	7,39	7,20	3,38	15,22
Année	7,01	6,91	6,88	6,99	6,99	6,92	6,68	6,89	7,01	6,86	1,29	15,46

GENÈVE 1864. — Fraction de saturation en millièmes.

ÉPOQUE.	Midi.	2 h.	4 h.	6 h.	8 h.	10 h.	(Minuit)	(14h.)	(16h.)	18 h.	20 h.	22 h.	Fraction moy.	Min. absolu.	Maximum absolu. (1)
Déc. 1863,.	776	773	796	845	855	873	891	909	931	939	915	830	861	480	1000, 35 fois.
Janv 1864...	852	816	846	902	909	942	956	969	967	970	955	929	918	480	1000, 74 «
Février .. .	768	731	766	836	844	871	896	933	960	959	910	823	858	450	1000, 32 «
Mars.......	648	575	574	643	728	776	807	831	863	869	815	709	736	330	1000, 4 «
Avril.. ...	537	503	473	516	597	685	743	801	844	815	682	592	649	180	1000, 2 «
Mai.......	551	521	523	580	678	754	806	849	878	854	718	629	695	260	1000, 3 «
Juin... ...	626	604	591	648	727	783	829	873	902	864	758	674	740	390	1000, 1 «
Juillet.	513	471	480	535	638	711	777	845	882	836	680	587	663	275	1000, 1 «
Août.......	492	439	431	495	560	653	731	820	858	798	640	561	623	144	1000, 2 «
Septembre..	658	604	646	724	805	852	886	919	946	929	860	721	796	390	1000, 3 «
Octobre. ..	672	642	669	726	776	816	849	872	884	870	834	746	780	380	1000, 5 «
Novembre..	815	779	805	857	865	882	889	904	904	895	878	851	860	560	1000, 16 «
Hiver. ...	800	774	803	861	871	896	915	937	953	956	927	862	880	450	1000, 141 fois.
Printemps..	579	533	524	580	669	739	786	827	862	847	739	644	694	180	1000, 9 «
Eté........	543	504	500	558	641	715	772	846	880	832	692	607	674	144	1000, 4 «
Automne...	715	675	706	768	815	850	874	898	911	898	857	772	812	380	1000, 24 «
Année......	658	621	633	691	748	799	836	877	901	883	803	721	764	144	1000, 178 fois

(1) Pendant l'année 1864, l'air n'a pas été saturé une seule fois pendant un jour entier.

Formules de la variation diurne de la fraction de saturation. — Genève 1864.

Décembre 1863..	$H = 861 + 073 \sin(\mu + 224^\circ,4) + 029 \sin(2\mu + 252^\circ,2) + 007 \sin(3\mu + 270^\circ,0)$
Janvier 1864....	$H = 918 + 066 \sin(\mu + 225,0) + 024 \sin(2\mu + 213,0) + 012 \sin(3\mu + 200,0)$
Février	$H = 858 + 098 \sin(\mu + 223,8) + 032 \sin(2\mu + 253,8) + 005 \sin(3\mu + 191,3)$
Mars	$H = 736 + 140 \sin(\mu + 220,4) + 031 \sin(2\mu + 209,1) + 008 \sin(3\mu + 39,8)$
Avril	$H = 649 + 174 \sin(\mu + 220,9) + 013 \sin(2\mu + 315,0) + 020 \sin(3\mu + 36,9)$
Mai............	$H = 695 + 179 \sin(\mu + 228,5) + 015 \sin(2\mu + 262,4) + 014 \sin(3\mu + 34,4)$
Juin	$H = 740 + 149 \sin(\mu + 228,8) + 012 \sin(2\mu + 284,8) + 015 \sin(3\mu + 49,0)$
Juillet.........	$H = 663 + 199 \sin(\mu + 227,3) + 020 \sin(2\mu + 294,0) + 017 \sin(3\mu + 56,4)$
Août..........	$H = 623 + 201 \sin(\mu + 223,0) + 022 \sin(2\mu + 325,2) + 017 \sin(3\mu + 76,8)$
Septembre......	$H = 796 + 158 \sin(\mu + 230,9) + 036 \sin(2\mu + 239,9) + 003 \sin(3\mu + 38,7)$
Octobre	$H = 780 + 115 \sin(\mu + 228,2) + 025 \sin(2\mu + 233,1) + 004 \sin(3\mu + 236,3)$
Novembre	$H = 860 + 052 \sin(\mu + 234,5) + 017 \sin(2\mu + 221,3) + 009 \sin(3\mu + 167,5)$
Hiver	$H = 880 + 079 \sin(\mu + 224,7) + 027 \sin(2\mu + 241,6) + 007 \sin(3\mu + 211,6)$
Printemps.. ...	$H = 694 + 165 \sin(\mu + 223,3) + 017 \sin(2\mu + 241,1) + 015 \sin(3\mu + 41,5)$
Eté............	$H = 674 + 182 \sin(\mu + 225,8) + 019 \sin(2\mu + 304,5) + 018 \sin(3\mu + 68,5)$
Automne	$H = 812 + 109 \sin(\mu + 230,2) + 025 \sin(2\mu + 233,8) + 003 \sin(3\mu + 164,4)$
Année	$H = 764 + 134 \sin(\mu + 225,7) + 020 \sin(2\mu + 253,6) + 006 \sin(3\mu + 68,4)$

Comparée à la moyenne des douze années 1849-60, l'année 1864 présente les écarts suivants sur la tension de la vapeur, sur la fraction de saturation et sur le nombre des cas de saturation :

	Excès de la tension moyenne. mm	Excès de la fraction de saturation.	Excès du nombre des cas de saturation.
Décembre 1863..	+ 0,31	— 010	— 8
Janvier 1864....	— 0,76	+ 061	+ 43
Février	0,00	+ 035	+ 17
Mars	+ 0,75	— 015	— 5
Avril	— 0,45	— 064	— 3
Mai	+ 0,60	— 029	— 1
Juin	— 0,09	+ 030	— 2
Juillet..........	+ 0,44	— 018	— 1
Août	— 1,55	— 093	0
Septembre	+ 0,15	+ 011	— 3
Octobre.........	— 1,19	— 062	— 22
Novembre	+ 0,25	+ 014	— 1
Hiver	— 0,15	+ 029	+ 52
Printemps	+ 0,30	— 036	— 9
Été	— 0,40	— 028	— 3
Automne	— 0,27	— 012	— 26
Année	— 0,14	— 012	+ 14

Dans les mois de mars et de mai la tension de la vapeur a été notablement plus forte que de coutume, et d'une quantité qui dépasse les limites de l'écart probable ; dans les mois de janvier, avril et octobre, au contraire, elle a été notablement au-dessous de la moyenne.

Les mois dans lesquels la fraction de saturation a été au-dessus de la moyenne, d'une quantité qui dépasse les limites de l'écart probable, sont janvier et février, les seuls qui donnent également un excédant positif dans le nombre des cas de saturation ; dans les mois d'avril, août et octobre la fraction de saturation a été au-dessous de sa valeur moyenne d'une quantité qui dépasse les limites de l'écart probable.

Des vents.

Les chiffres qui représentent l'intensité avec laquelle chaque vent a soufflé à Genève, pendant l'année 1864, sont :

Vents observés à Genève, dans l'année 1864.

	Décembre 1863	Janvier 1864	Février.	Mars.	Avril.	Mai.	Juin.	Juillet.	Août.	Septemb.	Octobre.	Novemb.	Année.
Calme	4	3	2	6	1	4	2	1	2	3	5	7	40
N....	42	66	46	78	113	110	92	106	146	69	63	54	985
NNE.	41	50	91	47	113	52	22	43	45	26	83	61	674
NE...	16	14	7	8	11	6	6	10	10	12	29	20	149
ENE..	6	3	0	1	1	0	0	0	0	1	5	0	17
E....	24	29	4	2	1	6	9	4	7	2	1	5	94
ESE..	6	18	0	2	4	0	9	1	1	3	3	2	49
SE..	17	28	7	3	7	3	10	2	4	5	6	9	101
SSE..	18	22	12	6	2	4	6	3	4	3	7	2	84
S.. .	47	34	43	22	4	31	25	28	32	30	23	32	351
SSO.	58	33	53	96	32	39	50	34	41	57	61	78	627
SO...	29	13	19	64	20	24	22	28	26	48	24	48	362
OSO..	6	4	7	7	3	11	9	5	7	6	1	6	72
O....	7	7	5	3	9	16	6	10	10	8	8	11	100
ONO..	0	2	5	1	1	1	3	3	3	3	1	3	26
NO...	3	3	8	5	8	12	8	13	2	4	4	3	73
NNO..	8	6	16	16	13	24	10	17	13	20	10	14	167

De ces chiffres on déduit l'intensité relative des deux principaux courants atmosphériques, les vents du nord-est et ceux du sud-ouest, ainsi que la direction et l'intensité de la résultante de tous les vents, calculées par la formule de Lambert.

	RAPPORT.	RÉSULTANTE.		
	Vents NE. à SO.	Direction.	Intensité sur 100.	Calme sur 100.
Décembre 1863 ..	0,90	S 26°,0 E	17	1
Janvier 1864.....	1,78	N 81,6 E	24	1
Février	1,17	N 13,9 O	13	1
Mars	0,71	S 73,2 O	26	2
Avril	3,52	N 3,9 E	69	0
Mai.............	1,43	N 23,3 O	39	1
Juin............	1,15	N 39,8 O	13	1
Juillet..........	1,55	N 20,5 O	36	0
Août	1,76	N 10,6 O	48	1
Septembre	0,76	N 88,3 O	19	1
Octobre.........	1,55	N 9,3 E	24	2
Novembre	0,80	S 77,6 O	15	3
Année...........	1,27	N 18,0 O	18	1

Les vents du nord-est ont soufflé pendant l'année 1864 avec une intensité plus grande que de coutume, ainsi qu'on le voit par le chiffre qui exprime la fréquence relative des vents du nord-est et de ceux du sud-ouest; ce chiffre est 1,27 pour l'année 1864, tandis que sa valeur moyenne est 1,17. La direction de la résultante de tous les vents est également plus rapprochée du nord, et son intensité plus considérable. Ce sont les mois de janvier, avril, août et octobre, dans lesquels cette prédominance des vents du nord est la plus marquée.

Le nombre des jours de forte bise a été plus considérable que de coutume, tandis que celui des jours où le vent du sud, ou du sud-ouest, a soufflé avec force, a été à peine la moitié de ce qu'il est ordinairement, ainsi qu'il résulte de la comparaison des chiffres du tableau ci-dessous avec ceux que j'ai rapportés dans le *Climat de Genève*. Dans les journées du 2 et du 3 janvier, et dans celles du 14 août et du 6 novembre 1864, en par-

ticulier, la bise a été d'une violence exceptionnelle, au point d'occasionner des dégâts dans la ville et dans la campagne.

	Nombre de jours de	
	forte bise.	fort vent de midi.
Décembre 1863 ..	3	2
Janvier 1864.....	5	0
Février	5	0
Mars............	6	9
Avril	7	1
Mai.............	5	1
Juin............	0	3
Juillet	1	0
Août............	5	1
Septembre	1	2
Octobre	6	3
Novembre	5	4
Année	49	26

Les vents observés au St-Bernard, pendant l'année 1864, sont :

	VENTS.			RÉSULTANTE.		Calme sur 100.
	NE.	SO.	Rapport.	Direction.	Intensité sur 100.	
Déc. 1863 .	265	30	8,83	N 45° E	84	29
Janv. 1864.	119	79	1,51	N 45 E	14	37
Février	149	137	1,08	N 45 E	5	22
Mars	154	101	1,52	N 45 E	19	32
Avril	303	24	12,62	N 45 E	103	13
Mai.	217	38	5,71	N 45 E	64	25
Juin	282	58	4,86	N 45 E	83	10
Juillet.....	238	42	5,43	N 45 E	70	15
Août	244	51	4,78	N 45 E	69	12
Septembre .	220	71	3,66	N 45 E	55	15
Octobre....	144	168	0,86	S 45 O	8	11
Novembre..	122	97	1,26	N 45 E	9	26
Année.....	2457	896	2,74	N 45 E	47	21

Dans cette station élevée, les vents du nord-est ont soufflé également avec une intensité plus grande que de coutume ; on trouve du reste pour plusieurs mois de l'année 1864 une divergence dans la direction du vent dominant au St-Bernard et à Genève, entre autres en décembre 1863, mars, septembre et novembre 1864, où le vent du nord-est règnait au St-Bernard, et celui du sud-ouest à Genève, tandis que l'inverse a eu lieu au mois d'octobre.

De la pluie.

Le relevé du nombre de jours et d'heures de pluie, ou de neige, ainsi que de la quantité d'eau tombée, fournit les résultats suivants, à Genève et au St-Bernard, pendant l'année 1864 :

	GENÈVE.			SAINT-BERNARD.		
	Nombre de jours.	Eau tombée.	Nombre d'heures.	Nombre de jours.	Eau tombée.	Nombre d'heures.
		mm			mm	
Décembre 1863	8	27,5	35	6	31,6	36
Janvier 1864 ..	5	12,7	16	5	23,2	25
Février	13	16,0	49	16	46,7	82
Mars	11	30,4	49	13	48,1	36
Avril	8	32,8	44	5	32,6	28
Mai	12	64,1	82	10	297,9	66
Juin	13	107,2	91	11	279,5	98
Juillet	7	35,1	9	7	116,4	16
Août	3	81,7	18	4	255,6	42
Septembre	10	78,9	56	7	121,7	37
Octobre	6	65,1	44	9	258,9	53
Novembre.....	15	96,8	111	11	65,6	72
Hiver.........	26	56,2	100	27	101,5	143
Printemps	31	127,3	175	28	378,6	130
Été	23	224,0	118	22	651,5	156
Automne	31	240,8	211	27	446,2	162
Année.	111	648,3	604	104	1577,8	591

Il n'est tombé que fort peu de neige à Genève pendant l'hiver 1864 ; le plus souvent c'étaient de simples giboulées, et la quantité était trop faible pour pouvoir être mesurée, et même dans les chutes plus abondantes, où l'on a pu mesurer une fois 20mm pour la hauteur de la neige tombée en décembre 1863, et à trois reprises, en février, 30mm, 15mm et 10mm, la neige n'est restée que peu d'heures sur le sol, et elle avait déjà disparu le lendemain.

La comparaison de l'année 1864, avec la moyenne des 36 années 1826-1861, donne les différences suivantes, pour Genève, sur le nombre de jours de pluie et sur la quantité d'eau tombée.

	Excès sur le nombre de jours de pluie.	Excès sur la quantité d'eau tombée.
		mm
Décembre 1863.	— 1	— 25,8
Janvier 1864....	— 4	— 33,7
Février	+ 5	— 21,2
Mars...........	+ 2	— 11,6
Avril	— 3	— 25,9
Mai	0	— 18,2
Juin	+ 3	+ 31,6
Juillet	— 3	— 36,6
Août	— 7	+ 2,4
Septembre......	— 1	— 21,9
Octobre	— 5	— 35,8
Novembre......	+ 4	+ 18,5
Hiver...	0	— 80,2
Printemps......	— 1	— 55,7
Eté............	— 7	— 2,6
Automne	— 2	— 38,7
Année...	— 10	— 177,2

L'année 1864 a été ainsi très-sèche à Genève, ainsi qu'il résulte de la diminution dans le nombre de jours de pluie, et dans la quantité d'eau tombée; depuis 1826

on ne trouve que 7 années dans lesquelles le nombre de jours de pluie ait été inférieur à ce qu'il a été en 1864, et 6 années qui aient donné une quantité totale de pluie plus faible. L'hiver présente le déficit le plus considérable, bien que le nombre de jours de pluie n'ait pas été inférieur à la moyenne; mais la pluie ne durait que fort peu d'heures, sa durée relative était plus faible que de coutume, et la pluie était fort peu abondante. Au mois de juillet, au contraire, et surtout au mois d'août, la durée relative de la pluie a été très-courte, mais les chutes d'eau très-abondantes. Sur le nombre total de 111 jours de pluie dans l'année, il en est 7 où la quantité d'eau tombée dans les 24 heures ne dépasse pas $0^{mm},2$; il y en a 4 où elle a dépassé 30^{mm}, savoir 1 en juin, 2 en août et 1 en octobre; le 20 août et le 22 octobre elle s'est élevée à $33^{mm},7$.

J'ai formé, comme pour les années précédentes, le tableau suivant qui fait ressortir d'une manière plus claire la distribution de la pluie dans les différents mois et pour chaque saison. Ce tableau renferme, pour les deux stations, la durée relative de la pluie, c'est-à-dire le quotient obtenu en divisant le nombre d'heures de pluie pendant le mois, par le nombre total d'heures que le mois renferme, le nombre moyen d'heures de pluie par jour pluvieux, enfin la quantité moyenne d'eau tombée dans une heure de pluie.

	GENÈVE.			SAINT-BERNARD.		
	Durée relative de la pluie.	Nombre moy. d'heures par jour.	Eau tombée dans 1 h.	Durée relative de la pluie.	Nombre moy. d'heures par jour.	Eau tombée dans 1 h.
			mm			mm
Déc 1863..	0,047	4,37	0,79	0,048	6,00	0,88
Janv. 1864.	0,022	3,20	0,79	0,033	5,00	0,93
Février...	0,070	3,77	0,33	0,118	5,11	0,57
Mars.....	0,066	4,45	0,62	0,048	2,77	1,34
Avril.....	0,061	5,50	0,75	0,039	5,60	1,16
Mai......	0,110	6,83	0,78	0,089	6,60	4,51
Juin.....	0,126	7,00	1,18	0,136	8,91	2,83
Juillet...	0,012	1,29	3,90	0,022	2,29	7,27
Août.....	0,024	6,00	4,54	0,056	10,50	6,09
Septembre	0,078	5,60	1,41	0,051	5,29	3,83
Octobre..	0,059	7,33	1,48	0,071	5,89	4,88
Novembre.	0,154	7,40	0,87	0,100	6,55	0,72
Hiver....	0,046	3,85	0,56	0,065	5,30	0,71
Printemps.	0,079	5,65	0,73	0,059	4,64	2,91
Eté......	0,053	5,13	1,90	0,070	7,09	4,18
Automne..	0,097	6,81	1,14	0,074	6,00	2,75
Année....	0,069	5,44	0,92	0,067	5,68	2,67

Au St-Bernard, les chutes d'eau ont été très-abondantes pendant la saison chaude, et surtout dans les mois de mai, juin, août et octobre, en sorte que c'est sous la forme de pluie que la précipitation a eu lieu en grande partie, tandis que la précipitation sous forme de neige a été exceptionnellement faible. La hauteur totale de la neige tombée dans l'année ne s'élève qu'à un peu plus de 4 mètres, d'après le tableau ci-dessous, tandis que la hauteur moyenne est de près de 10 mètres ; néanmoins l'abondance exceptionnelle des pluies d'été a ramené le chiffre total de l'eau tombée pendant l'année à sa valeur moyenne.

Hauteur de la neige tombée au Saint-Bernard dans les différents mois de 1864 :

	millimètres.
Décembre 1863	380
Janvier 1864	320
Février	630
Mars	510
Avril	310
Mai	585
Juin	77
Juillet	0
Août	0
Septembre	6
Octobre	743
Novembre	710
Année	4271

Le nombre de jours, où l'on a entendu le tonnerre à Genève, pendant l'année 1864, s'élève à 18 ; il se répartit, comme suit, entre les différents mois ; les détails relatifs à chaque orage se trouvent dans les tableaux mensuels.

	Jours de tonnerre à Genève.	Jours d'éclairs sans tonnerre.
Décembre 1863	0	0
Janvier 1864	0	0
Février	1	0
Mars	0	0
Avril	0	0
Mai	1	0
Juin	3	2
Juillet	8	1
Août	3	3
Septembre	2	3
Octobre	0	0
Novembre	0	1
Année	18	10

Les orages ont été ainsi moins fréquents que de coutume en 1864, puisque l'on en compte en moyenne 25 par an à Genève.

Voici, enfin, le nombre de jours où l'on a observé, à Genève, des halos, où des couronnes, autour du soleil, ou autour de la lune ; les détails sur ces phénomènes se trouvent également dans les tableaux mensuels.

	Halo solaire.	Couronne solaire.	Halo lunaire.	Couronne lunaire
Décembre 1863.	0	0	0	3
Janvier 1864...	1	0	2	3
Février	4	0	3	4
Mars	4	3	1	3
Avril	3	0	0	1
Mai.	3	0	0	1
Juin	2	0	0	1
Juillet	4	1	1	2
Août	2	1	0	1
Septembre	2	0	1	3
Octobre	3	1	1	4
Novembre	3	1	0	1
Année	31	7	9	27

Etat du ciel.

D'après la notation adoptée, la portion du ciel couverte par des nuages est exprimée en dixièmes, 0,0 représentant un ciel parfaitement clair, et 1,0 un ciel entièrement couvert. Un jour est rangé dans la catégorie des jours *clairs*, *peu nuageux*, *très-nuageux* ou *couverts*, selon que la clarté moyenne déduite des neuf observations diurnes est comprise entre les limites respectives de 0,0 et 0,25 ; 0,25 et 0,50 ; 0,50 et 0,75 ; 0,75 et 1,00.

On trouve pour l'année 1864 les nombres suivants pour ces différentes catégories et pour la clarté moyenne du ciel, soit à Genève, soit au St-Bernard.

	GENÈVE.					SAINT-BERNARD.				
	Jours clairs.	J. peu nuag.	Jours très-n.	Jours couverts.	Clarté moy.	Jours clairs.	J. peu nuag.	Jours très-n.	Jours couverts.	Clarté moy.
Déc. 1863.	2	6	5	18	0,72	11	5	7	8	0,46
Janv. 1864	2	1	3	25	0,86	22	1	5	3	0,23
Février ...	1	7	6	15	0,70	6	1	8	14	0,67
Mars	6	3	6	16	0,63	5	3	5	18	0,67
Avril	19	1	1	9	0,37	14	5	3	8	0,41
Mai	12	5	6	8	0,46	7	6	7	11	0,60
Juin......	6	5	7	12	0,61	2	3	7	18	0,74
Juillet	12	11	7	1	0,35	7	8	8	8	0,50
Août	18	5	5	3	0,29	17	2	3	9	0,41
Septembre.	11	4	8	7	0,46	11	2	3	14	0,54
Octobre ...	3	6	9	13	0,67	9	2	5	15	0,59
Novembre.	1	3	3	23	0,82	5	3	5	17	0,67
Hiver	5	14	14	58	0,764	39	7	20	25	0,450
Printemps.	37	9	13	33	0,487	26	14	15	37	0,562
Été	36	21	19	16	0,415	26	13	18	35	0,549
Automne..	15	13	20	43	0,654	25	7	13	46	0,601
Année	93	57	66	150	0,579	116	41	66	143	0,540

Pendant l'année 1864, le ciel a été en moyenne notablement plus clair que de coutume, car la fraction qui représente la clarté moyenne a été 0,579, tandis qu'elle s'élèvé ordinairement à 0,638.

Le nombre de jours clairs s'est élevé à 93, tandis qu'il n'est en moyenne que de 61 ; les mois d'avril, mai, août et septembre présentent l'excédant le plus considérable dans le nombre de jours parfaitement beaux. Le nombre de jours de brouillard a été moindre que de coutume, surtout de jours où le brouillard persiste pendant toute la journée, dont on ne compte que deux pendant toute l'année 1864, tandis que le chiffre moyen est de 10 ; j'indique ci-dessous le nombre dans les différents mois.

	Brouillard tout le jour.	Brouillard une partie de la journée.	Nombre total.
Décembre 1863	1	4	5
Janvier 1864 ..	1	8	9
Février	0	7	7
Mars	0	1	1
Avril	0	0	0
Mai	0	1	1
Juin..........	0	0	0
Juillet	0	0	0
Août..........	0	0	0
Septembre . ..	0	2	2
Octobre	0	0	0
Novembre.....	0	2	2
Année	2	25	27

BULLETIN SCIENTIFIQUE.

CHIMIE.

C.-W. BLOMSTRAND. SUR LES MÉTAUX DES MINÉRAUX TANTALIFÈRES. (*Annalen der Chemie und Pharmacie*, t. CXXXV, p. 168.)

La notice publiée par M. Blomstrand ne renferme qu'un résumé extrêmement concis d'un long travail entrepris par cet habile chimiste, qui sera prochainement publié en entier. Nous nous empressons de transcrire ici les résultats de ces importantes recherches.

Il n'existe, comme H. Rose l'a annoncé, que deux métaux distincts dans les minéraux tantalifères, savoir, le tantale et le niobium.

Il n'existe que deux acides correspondant à ces métaux, l'acide tantalique $Ta\,O^2$ et l'acide niobique $Nb\,O^2$.

On ne peut admettre l'existence ni d'un acide hyponiobique, ni de l'acide dianique de M. de Kobell, ni d'un acide euxénitique (supposé par M. Nordenskiold), ni des acides ilméniques de M. Hermann[1].

Le chlorure blanc, ou chlorure hyponiobique de Rose, est un oxychlorure de niobium, probablement $Nb^4\,Cl^5\,O^3$. L'interprétation erronée de ce savant sur la composition de ce chlorure, a causé son erreur sur la constitution des acides du niobium.

[1] M. Hermann avait déjà lui-même reconnu que ses acides ilménique et ilméneux n'étaient que des combinaisons oxygénées du niobium. (*Journal für prakt. Chemie*, LXVIII, 71.) *(Réd.)*

L'acide hyponiobique de Rose est le véritable acide niobique, et ne diffère pas, dans l'état de pureté, de l'acide dianique de M. de Kobell. Mais le plus souvent on l'a obtenu plus ou moins mélangé d'acide tantalique.

L'acide niobique de Rose n'était aussi que l'acide niobique mélangé avec une plus grande quantité d'acide tantalique.

L'équivalent du niobium est d'environ 40, mais ce nombre n'est pas encore fixé avec une entière certitude.

Il n'y a pas de limite absolue entre les tantalites et les columbites; tous ces minéraux paraissent représentés par une même formule générale $2\,RO$, $5\,RO^2$. Entre les termes extrêmes, représentés par les tantalites de Kimito et les niobites du Groënland, se trouvent diverses variétés intermédiaires où les deux acides se remplacent réciproquement.

On observe un remplacement analogue dans les yttrotantalites et les yttroniobites.

Observations sur ce Mémoire. — Les résultats obtenus par M. Blomstrand s'accordent, comme on le voit, exactement avec ceux auxquels je suis moi-même parvenu; un seul point nous sépare encore. M. Blomstrand conserve, pour les acides du tantale et du niobium, les formules que j'ai cru devoir rejeter comme incompatibles avec tout l'ensemble de mon travail sur les fluorures doubles de ces métaux. Quand son Mémoire sera publié en entier, on pourra juger s'il considère ces formules comme justifiées par ses propres expériences, où s'il s'est borné à conserver celles qu'avait admises H. Rose.

La notice publiée par M. Blomstrand a paru dans le cahier d'août des *Annalen der Chemie und Pharmacie*. Mon Mémoire était entièrement imprimé lorsque j'en ai eu connaissance, en sorte que je n'ai pu y mentionner ces importants résultats.

Il est vrai que l'auteur annonce qu'il les avait déjà en grande partie communiqués lors de la réunion des naturalistes à Stockholm, en juin 1863, et qu'il les avait publiés dans les Mémoires de cette Société. On comprendra sans doute que cette publication

me fût restée inconnue. Elle n'en assure pas moins incontestablement la priorité à ce savant chimiste pour la découverte des faits sur lesquels nous nous sommes rencontrés.

Non-seulement je ne songe point à contester cette priorité, mais je n'en éprouve aucun regret. Sans connaître encore, autrement que par ses conclusions, le travail de M. Blomstrand, je crois être assuré que nous avons suivi des méthodes d'investigation entièrement différentes, en sorte que l'identité de nos conclusions ne s'en trouvera que mieux établie, et que ces deux séries de recherches parallèles, dirigées vers le même but et aboutissant au même résultat, sans se confondre nullement, conserveront toutes les deux leurs mérites respectifs, et concourront également à éclaircir l'histoire des combinaisons du niobium et du tantale. Ce n'est pas trop de ce double concours pour lever tous les doutes sur une question aussi difficile, surtout lorsqu'il s'agit de modifier profondément une théorie établie par un savant aussi éminent que H. Rose. C. M.

MINÉRALOGIE. GÉOLOGIE.

ANG. SISMONDA. GNEISS CON IMPRORITA..... GNEISS AVEC UNE EMPREINTE D'EQUISETUM. (*Mém. della Reale Acad. delle Sc. di Torino*, vol. XXIII, série 2e. — *Comptes rendus de l'Acad. des Sciences de Pâris*, 1865, t. LX, p. 492.)

On sait combien l'idée théorique du métamorphisme des roches a occasionné de longs débats. Depuis Hutton, presque tous les géologues s'en sont occupés, et un grand nombre d'entre eux ont soutenu que les roches cristallines et d'autres encore (les gypses, les dolomies, etc.) provenaient de la transformation de certaines roches de sédiments, modifiées par une action plus ou moins connue. On pourrait facilement donner les noms des nombreux savants qui ont adopté cette théorie, il serait plus difficile d'indiquer des preuves positives à l'appui de cette idée. Quoi qu'il

en soit, on en a fait une large application aux pays de montagnes en général et aux Alpes en particulier. On comprend que, pour étayer cette théorie, on aurait un grand intérêt à trouver des traces d'êtres organisés dans les roches cristallines ; un seul fait de cette nature, bien constaté, aurait une immense portée. C'est à ce point de vue que M. Sismonda attache une grande importance à l'observation qu'il a faite. Il a trouvé à Rezzaga près Canza, dans la Brianza, sur un fragment de gneiss tiré d'un bloc erratique venant de la Valteline, une trace d'être organisé qui ressemble à une plante. Au premier coup d'œil, M. Sismonda a pris cette forme pour une dendrite, mais il s'est assuré que la matière était combustible à la manière du charbon. « J'observai de nouveau l'empreinte, dit-il, en m'aidant cette fois d'une loupe, et je pus ainsi discerner un système de folioles rangées et ordonnées autour d'un point. Les rayons sont linéaires, légèrement renflés, parcourus dans leur milieu par un sillon distinct, et ont le bord probablement entier, mais en apparence entaillé et comme dentelé par l'effet des inégalités de la surface de la roche. » M. Sismonda a joint à son mémoire une photographie qui représente très-bien cette plante. Il l'a soumise à l'examen de MM. E Sismonda, Bellardi, Gras et Parlatore, puis, en dernier lieu, à M. Ad. Brongniart, qui l'a rapportée à une espèce très-analogue à l'*Equisetum infundibuliforme* des terrains houillers, dont elle diffère cependant assez pour mériter de recevoir un nom spécifique différent, *Equisetum Sismondæ*, et pour pouvoir appartenir aussi bien à un *Equisetum* de l'époque triasique qu'à une espèce d'une époque plus ancienne. M. Sismonda voit dans cette empreinte végétale une preuve péremptoire de l'origine métamorphique du gneiss fondamental des Alpes. Le célèbre professeur de Turin y voit aussi un élément nouveau pour la discussion relative à l'âge géologique des impressions végétales que renferme le terrain anthracifère des Alpes occidentales, et il termine par les lignes suivantes :

« Il n'est pas nécessaire de reprendre actuellement cette dis-

cussion compliquée, mais il importe de faire observer que dorénavant on ne peut révoquer en doute que le terrain carbonifère entre dans la composition du groupe infraliasique. » On sait que, contrairement à l'opinion de tous les géologues, M. Sismonda range dans le groupe infraliasique tous les terrains des Alpes inférieurs au lias, jusque et y compris les roches cristallines. « Ce terrain étant renfermé dans le groupe infraliasique, continue M. Sismonda, le terrain anthracifère qui se trouve au-dessus devra être jugé exclusivement d'après les fossiles animaux qui s'y trouvent. L'importance scientifique des plantes n'en est pas diminuée, mais elle change de nature. Au lieu de révéler une époque géologique déterminée, les plantes prouvent, dans ce cas spécial, que, nonobstant les catastrophes survenues depuis la période carbonifère, les conditions climatériques propices à leur existence et à leur propagation se sont perpétuées dans quelques localités. Faisons des Alpes une île léchée par un grand courant, comme le *gulfstream*, et nos assertions prendront place parmi les vérités. »

Pour ma part, je me range à l'avis du savant professeur de Turin, en ce sens que je pense qu'il n'est pas nécessaire de reprendre la discussion relative au terrain houiller des Alpes, dont la présence, si bien démontrée par les travaux modernes, n'est plus mise en doute. Quant à l'empreinte de la plante trouvée à la surface ou dans le gneiss, je crois qu'on ne peut admettre qu'elle soit la trace d'un végétal ayant vécu antérieurement à la formation de la roche cristalline de la Valteline. Il me paraît impossible qu'une plante ait vécu et ait été enfermée dans une roche de sédiment; puis, que cette roche ait été soumise à une action telle que ses éléments se soient groupés sous forme de quartz, de feldspath et de mica, plus ou moins cristallisés, pour former du gneiss, et que l'organisation si délicate de la plante n'ait pas subi la moindre altération. A. F.

E. Renevier. Notices géologiques et paléontologiques sur les Alpes vaudoises. II. Massif de l'Oldenhorn et col de Pillon. (*Bullet. Soc. vaudoise des Sc. nat.* 1865, t. VIII, p. 273.)

Le massif de l'Oldenhorn est situé à l'extrémité nord-est du massif des Diablerets, à l'ouest du passage du Sanetsch, au sud du passage du Pillon et à la limite des cantons de Vaud, de Berne et de Valais. Sa plus grande longueur est de 11 kilomètres et sa largeur de 6 kilomètres. Son élévation compense les autres dimensions, car il atteint 3,124 mètres au-dessus du niveau de la mer. Le beau glacier de Sanfleuron en occupe une partie.

L'Oldenhorn appartient à la grande zone crétacée et nummulitique, qui est largement développée en Savoie et dans les Alpes bernoises. La structure de cette montagne est assez compliquée parce qu'elle porte dans son flanc plusieurs vallons et plusieurs crêts, ou des alternances d'axes synclinaux et d'axes anticlinaux. Mais cette structure étant reconnue, on y trouve de l'analogie avec celle du Jura.

On voit dans ce massif un singulier assemblage de terrains; le plus récent est le terrain nummulitique, qui se compose des couches suivantes, du haut en bas :

1° Schiste feuilleté gris sans fossiles;

2° Calcaire compacte gris, ressemblant au calcaire urgonien;

3° Grès quartzeux dur, de couleur variée;

4° Calcaire marneux, brunâtre, pétri de fossiles bien conservés. M. Renevier les a recueillis dans diverses localités sur lesquelles il nous donne des détails. Les principaux sont les suivants : *Chemnitzia costellata*, d'Orb.; *C. lactea*, d'Orb.; *C. semidecussata*, d'Orb.; *Natica augustata*, *N. Picteti*, *N. Studeri*, *Cerithium diaboli*, *C. plicatum*, *C. elegans*, *Cyrena*, *Cardium*, *Nummulites*, etc.

Le terrain urgonien supporte immédiatement le terrain num-

mulitique, et on constate avec étonnement que les étages cénomanien, albien, aptien et rhodanien, qui se trouvent dans les montagnes suisses, manquent dans ce massif. Le terrain urgonien y joue un grand rôle, il constitue le corps et les crêtes de la montagne, et renferme quelques fossiles qui le déterminent nettement.

Le terrain néocomien se montre dans les fractures du terrain urgonien, les fossiles y sont peu nombreux et mal conservés. Il ne se voit pas dans les parties basses du massif; celles-ci sont formées par le trias contre lequel viennent butter les terrains supérieurs que nous venons d'énumérer et qui en sont séparés par une faille remarquable, qui se continue sur une grande longueur à la base de la chaîne à laquelle appartient l'Oldenhorn. L'absence complète des étages du terrain jurassique constitue une lacune aussi remarquable dans la série des terrains que celle que nous avons signalée à propos des étages crétacés. Le trias est composé de roches argileuses, de gypse et de trois bandes de cargneule, qui sont, à ce qu'il paraît, les affleurements d'une même couche. On sait que cette roche se rencontre souvent dans ce terrain dans le reste des Alpes. M. Renevier la nomme corgneule, cependant le premier des deux noms est plus connu, quoiqu'étant récent. Déjà en 1841, il était inscrit dans l'ouvrage *des Roches considérées minéralogiquement*, de M. Omalius d'Halloy, et c'est pour cette raison qu'il nous paraît convenable de le conserver. Cette étude de M. Renevier nous fait clairement connaître le terrain auquel elle est consacrée; nous désirerions en voir de semblables sur chacune des grandes montagnes de la Suisse.

BIBLIOTHÈQUE UNIVERSELLE

ARCHIVES DES SCIENCES PHYSIQUES ET NATURELLES.



TABLE DES MATIÈRES

CONTENUES DANS LE TOME XXIII (NOUVELLE PÉRIODE)

1865. — Nos 89 à 92.

Page

BULLETIN SCIENTIFIQUE.

PHYSIQUE.

CHIMIE.

MINÉRALOGIE, GÉOLOGIE.

ZOOLOGIE, ANATOMIE ET PALÉONTOLOGIE.

BOTANIQUE.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A L'OBSERVATOIRE DE GENÈVE

sous la direction de

M. le Prof. E. PLANTAMOUR

PENDANT LE MOIS DE JUILLET 1865.

Le 3, halo solaire partiel de 2 h. à 3 h. 30 m. ; couronne lunaire à plusieurs reprises dans la soirée.

6 et le 7, faible rosée le matin.

8, couronne solaire entre 4 et 5 h. de l'après-midi : le soir, depuis 9 h., éclairs à l'horizon Nord et Est.

9, succession d'orages avec éclairs et tonnerres pendant toute la journée, depuis $9^1/_2$ h du matin jusque tard dans la soirée ; les deux premiers viennent de la direction SO, et SSO, et atteignent leur plus grande intensité l'un à $10^1/_2$ h. du matin, l'autre à $1^1/_2$ h, de l'après-midi. Le suivant éclate à $2^1/_4$ h, en suivant la direction de l'Ouest au Nord-Est. Plus tard, à 3 h. et depuis 6 h. du soir, tonnerres presque continuels.

11, forte rosée, halo solaire de midi à 3 h.

13 et 14, rosée ; le 14, dans la soirée, éclairs.

15, dans la soirée, éclairs du côté du Nord.

16 et 17, rosée le matin. Dans la soirée éclairs du côté du Nord.

19, éclairs depuis 8 h. du soir ; on entend le tonnerre du côté de l'Est de $8^1/_4$ h. à $8^3/_4$ h.

20, éclairs au Nord toute la soirée.

21, de $11^3/_4$ h. à midi $^1/_4$ quelques coups de tonnerre.

23, rosée.

27, toute la soirée, éclairs du côté de l'Est.

28, de 1 h. 10 m. à 1 h. 35 m. après-midi quelques coups de tonnerres du côté de l'Ouest.

30, rosée.

31, de midi $^3/_4$ à $1^1/_2$ h. faible halo solaire ; éclairs et tonnerres de 6 h. 30 m. à 6 h. 45 m. : l'orage suit la direction du Sud au Nord. Un second orage éclate plus tard dans la soirée ; tonnerres de 8 h. 25 m. à 9 h 45 m. ; même direction du Sud au Nord ; plus grande intensité de 9 h. à 9 h. 20 m.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.

MAXIMUM.	mm
Le 2, à midi	731,23
5, à 8 h matin...	731,72
9, à 6 h. matin...	729,55
13, à 8 h matin ...	732,25
25, à 10 h. soir. ...	731,59
29, à 10 h. matin...	730,55

MINIMUM.	mm
Le 3, à 6 h. soir ...	728,33
6, à 6 h. soir . .	726,38
11, à 8 h. matin...	725,30
20, à 6 h. soir.....	721,17
27, à 4 et 6 h. soir.	727,21
31, à 6 h. soir	721,70

GENEVE. — JUILLET 1865.

Jours du mois.	Baromètre. Hauteur moy. des 24 h.	Baromètre. Écart avec la hauteur normale.	Température C. Moyenne des 24 heures.	Température C. Ecart avec la temp. normale.	Température C. Minim.	Température C. Maxim.	Tension de la vap. Moy. des 24 h	Tension de la vap. Ecart avec la tension normale.	Fract. de saturation en millièmes. Moy. des 24 h.	Fract. de saturation. Ecart avec la fraction norm.	Fract. de saturation. Minimum.	Fract. de saturation. Maximum.	Pluie ou neige. Eau tomb. d. les 24 h.	Pluie ou neige. Nomb. d'h.	Vent dominant.	Clarté moy. du Ciel.	Temp. du Rhône. Midi.	Temp. du Rhône. Ecart avec la temp. normale.	Limnimètre à midi
	millim.	millim.	o	o	o	o	mm	mm					mm				o		pouces
1	722,16	— 5,26	+13,73	—4,35	+10,7	+18,4	8,62	—1,77	750	+ 57	420	870	3,0	8	SSO. 2	0,98	7,5	— 8,7	51,7
2	730,78	+ 3,32	+11,00	—4,14	+11,8	+19,3	7,61	—2,81	661	— 31	440	810	. .	..	N. 1	0,41	. .	. . . . .	52,0
3	729,80	+ 2,30	+16,56	—1,64	+ 7,5	+24,0	7,98	—2,47	592	— 99	320	910	.	..	N. 1	0,21	12,9	— 3,5	52,5
4	729,22	+ 1,68	+18,62	+0,36	+10,7	+24,6	10,18	—0,30	635	— 55	460	840	..	.	N. 1	0,01	15,8	— 0,7	52,7
5	731,03	+ 3,46	+20,96	+2,65	+12,8	+28,5	10,45	—0,05	590	— 99	300	810	. . .	..	N. 1	0,00	16,1	— 0,5	52,8
6	728,60	+ 0,99	+22,11	+3,75	+13,0	+29,9	12,08	+1,56	615	— 73	430	820	. .	.	N. 1	0,02	16,9	+ 0,2	52,7
7	727,58	— 0,07	+24,82	+6,41	+17,3	+29,9	10,71	+0,17	485	—202	320	750	..	..	SSO. 2	0,19	19,1	+ 2,3	52,8
8	728,54	+ 0,86	+24,78	+6,33	+17,6	+31,4	10,96	+0,40	491	—192	290	680	. . .	. .	SSO. 2	0,53	15,8	— 1,1	52,7
9	728,83	+ 1,12	+18,47	—0,02	+17,0	+25,2	12,95	+2,37	845	+160	540	940	9,7	8	variable	0,87	. . .	. . . .	53,5
10	727,76	+ 0,02	+16,78	—1,75	+14,0	+21,9	9,61	— 0,99	707	+ 22	410	900	10,5	10	variable	0,61	14,3	— 2,8	55,0
11	726,73	— 1,04	+17,77	—0,79	+10,1	+23,0	9,33	—1,29	625	— 59	430	900	..	..	SSO. 1	0,60	14,7	— 2,5	56,5
12	729,31	+ 1,51	+15,76	—2,83	+12,6	+21,1	7,93	—2,71	620	— 64	410	840	4,7	4	variable	0,53	12,9	— 4,4	57,2
13	731,40	+ 3,57	+15,49	—3,13	+ 7,9	+21,3	7,66	—3,00	608	— 76	350	910	. .	..	N. 1	0,00	11,3	— 3,1	57,5
14	729,75	+ 1,90	+19,37	+0,72	+ 9,8	+27,4	10,97	+0,30	651	— 32	400	840	. . .	..	SSO. 1	0,00	15,8	— 1,6	57,8
15	729,43	+ 1,56	+22,57	+3,89	+14,2	+29,9	12,56	+1,88	624	— 59	410	850	..	..	variable	0,34	16,7	— 0,8	58,0
16	729,64	+ 1,75	+23,40	+4,70	+15,3	+30,0	13,91	+3,22	654	— 29	450	820	. . .	..	N. 1	0,18	. .	. . . . .	58,0
17	727,17	— 0,14	+23,79	+5,07	+16,4	+28,9	14,31	+3,61	649	— 34	400	820	. .	..	N. 1	0,10	19,8	+ 2,1	58,5
18	726,51	— 1,39	+22,90	+4,17	+19,2	+27,0	13,86	+3,15	680	— 3	460	790	. . .	..	N 1	0,28	20,3	+ 2,5	58,7
19	723,29	— 4,66	+23,43	+4,69	+16,0	+28,1	14,20	+3,48	664	— 18	470	830	. . .	..	N. 1	0,34	21,3	+ 3,5	59,3
20	722,89	— 5,08	+23,92	+5,17	+18,5	+29,6	12,27	+1,54	572	—110	360	720	. . .	..	N 1	0,20	21,9	+ 4,0	60,2
21	722,58	— 5,41	+18,79	+0,04	+14,3	+23,7	11,85	+1,11	751	+ 69	520	850	4,1	3	SSO. 2	0,78	17,6	— 0,4	60,5
22	726,92	— 1,08	+18,48	—0,27	+14,7	+23,3	8,29	—2,45	552	—130	350	740	. . .	..	SO. 1	0,37	14,8	— 3,2	61,5
23	728,58	+ 0,57	+17,26	—1,49	+10,5	+23,5	10,85	+0,11	732	+ 50	510	880	0,6	2	variable	0,80	..	. . . .	62,0
24	729,99	+ 1,97	+18,49	—0,25	+13,1	+24,6	11,53	+0,79	729	+ 47	530	920	. . .	.	NNO. 1	0,42	14,9	— 3,2	62,5
25	730,77	+ 2,74	+19,25	+0,51	+14,0	+25,2	11,58	+0,83	697	+ 15	460	810	..	..	NNE. 1	0,77	17,1	— 1,1	63,2
26	730,26	+ 2,22	+18,34	—0,39	+16,3	+22,2	13,51	+2,76	870	+187	690	910	1,2	5	N. 1	1,00	18,6	+ 0,3	63,5
27	728,08	+ 0,04	+20,99	+2,28	+17,1	+25,7	14,06	+3,31	756	+ 73	570	900	..	..	NNE. 2	0,64	19,3	+ 1,0	65,5
28	728,46	+ 0,42	+21,42	+2,73	+18,6	+27,7	13,72	+2,97	735	+ 51	530	880	. . .	..	N. 1	0,58	19,9	+ 1,5	66,5
29	729,78	+ 1,73	+21,24	+2,57	+15,1	+27,0	12,73	+1,98	686	+ 2	470	890	. . .	..	NNE. 1	0,32	20,4	+ 2,0	67,3
30	728,91	+ 0,86	+22,26	+3,61	+14,8	+29,4	11,37	+0,62	590	— 95	330	750	. . .	.	S. 1	0,22	. . .	. . . . .	67,5
31	724,66	— 3,39	+20,75	+2,13	+12,1	+30,2	10,86	+0,11	615	— 71	280	890	14,6	7	SSO. 1	0,57	19,9	+ 1,4	68,0

MOYENNES DU MOIS DE JUILLET 1865.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h. s.
					Baromètre.				
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade,	728,58	728,68	728,74	728,55	728,20	727,93	727,88	728,44	728,90
2e »	728,36	728,50	728,23	727,78	727,19	726,67	726,35	726,72	727,07
3e »	728,36	728,57	728,43	728,21	727,77	727,41	727,45	728,05	728,49
Mois	728,43	728,59	728,47	728,18	727,72	727,34	727,23	727,75	728,17
					Température.				
	o	o	o	o	o	o	o	o	o
1re décade	+15,34	+19,02	+20,46	+22,04	+23,15	+23,13	+22,30	+19,74	+18,60
2e »	+16,06	+19,93	+21,74	+23,85	+25,34	+25,46	+25,06	+22,86	+20,55
3e »	+16,44	+19,78	+21,70	+23,28	+23,71	+23,35	+22,47	+20,09	+18,16
Mois	+15,96	+19,58	+21,31	+23,07	+24,06	+23,96	+23,25	+20,87	+19,07
					Tension de la vapeur.				
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade,	10,35	10.54	9,68	10,04	9,88	9,96	10,13	10,66	10,24
2e »	11,33	12,04	11,59	11,80	11,82	11,84	11,47	12,21	11,67
3e »	11,84	12,30	12,23	11,95	11,56	11,53	11,70	12,02	11,97
Mois	11,19	11,65	11,20	11,29	11,10	11,12	11,12	11,64	11,32
					Fraction de saturation en millièmes.				
1re décade,	800	642	539	518	484	500	522	636	663
2e »	825	686	593	527	481	476	471	574	647
3e »	838	712	630	568	538	555	586	688	763
Mois	822	681	589	539	502	512	528	634	693

	Therm. min.	Therm. max.	Clarté moyenne du Ciel.	Température du Rhône.	Eau de pluie ou de neige.	Limnimètre.
	o	o		o	mm	p.
1re décade,	+13,24	+25,31	0,38	+14,80	23,2	52,84
2e »	+14,00	+26,63	0,25	+17,52	4,7	58,17
3e »	+14,60	+25,68	0,59	+18,06	20,5	64,36
Mois	+13,97	+25,87	0,41	+16,87	48,4	58,65

Dans ce mois, l'air a été calme 4 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 0,87 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 75°,4 O. et son intensité est égale à 17,5 sur 100.

TABLEAU

DES

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AU SAINT-BERNARD

pendant

LE MOIS DE JUILLET 1865.

Le 8, des éclairs à 10 h. du soir.
9, éclairs et tonnerres à 8 h. du soir.
16, vers les 7 heures du soir, quelques coups de tonnerre au SO.
18, vers les 2 heures du matin, éclairs, tonnerres et grêle.
21, depuis 11 heures à 3 heures, éclairs et tonnerres.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.

MAXIMUM.	mm	MINIMUM.	mm
Le 6, à 10 h. matin ..	573,54	Le 7, à 8 h. matin ..	571,60
8, à 10 h. soir.....	573,17	12, à 6 h. matin ..	565,82
16, à 10 h. soir.....	573,93	21, à midi........	565,61
24, à 10 h. soir.....	570,97	26, à 6 h. matin ..	569 72
29, à 10 h. soir ..	571,71	31, à 8 h. soir ...	566,74

Jours du mois.	Baromètre. Hauteur moy. des 24 heures.	Baromètre. Ecart avec la hauteur normale.	Baromètre. Minimum.	Baromètre. Maximum.	Température, C. Moyenne des 24 heures.	Température, C. Ecart avec la température normale.	Température, C. Minimum.[1]	Température, C. Maximum.[1]	Pluie ou neige. Hauteur de la neige.	Pluie ou neige. Eau tombée dans les 24 h.	Pluie ou neige. Nombre d'heures	Vent dominant.	Clarté moy. du Ciel.
	millim.	millim.	millim.	millim.	°	°	°	°	mm	mm			
1	562,45	— 5,42	560,47	564,84	+ 0,95	— 4,38	— 0,8	+ 3,7	......	......	......	SO. 1	0,91
2	568,15	+ 0,21	565,61	569,55	+ 0,06	— 5,33	— 1,5	+ 3,1	10	8,2	8	NE. 1	0,53
3	570,10	+ 2,10	569,42	570,56	+ 8,77	+ 3,32	+ 5,4	+13,0	....	......	......	NE. 1	0,24
4	570,68	+ 2,62	569,91	571,80	+ 8,27	+ 2,76	+ 6,0	+11,3	......	......	......	NE. 1	0,04
5	572,92	+ 4,81	572,24	573,51	+10,00	+ 4,43	+ 6,3	+13,4	......	......	......	NE. 1	0,00
6	572,45	+ 4,28	571,86	573,54	+11,87	+ 6,25	+ 8,4	+16,7	......	......	......	SO. 1	0,39
7	571,91	+ 3,69	571,60	572,72	+11,58	+ 5,91	+ 9,0	+14,9	......	......	......	SO. 1	0,40
8	572,80	+ 4,53	572,61	573,17	+12,84	+ 7,12	+10,8	+16,2	......	......	......	SO. 1	0,59
9	571,01	+ 2,69	569,48	572,60	+10,21	+ 4,44	+ 8,5	+14,1	......	54,8	2	SO. 1	0,91
10	566,81	— 1,56	566,23	567,58	+ 3,08	— 2,74	+ 0,8	+ 7,2	......	......	......	NE. 2	0,79
11	567,06	— 1,36	566,77	567,48	+ 5,77	— 0,09	+ 0,2	+10,1	......	......	......	SO. 1	0,51
12	567,08	— 1,38	565,82	568,33	+ 0,51	— 5,39	— 1,0	+ 3,0	......	11,9	10	NE. 2	1,00
13	570,35	+ 1,85	568,41	571,51	+ 5,85	— 0,09	— 2,1	+ 9,0	......	......	......	NE. 1	0,00
14	572,05	+ 3,51	571,35	572,81	+10,87	+ 4,89	+ 6,5	+15,1	......	......	......	SO. 1	0,12
15	573,12	+ 4,54	572,69	573,54	+12,42	+ 6,40	+ 9,4	+15,7	......	......	......	NE. 1	0,26
16	573,63	+ 5,01	573,46	573,93	+13,34	+ 7,29	+10,0	+16,9	......	......	......	NE. 1	0,41
17	572,25	+ 3,60	571,69	573,12	+14,17	+ 8,09	+10,5	+17,3	......	......	......	NE. 1	0,38
18	569,93	+ 1,25	569,53	570,47	+10,31	+ 4,20	+ 6,7	+13,7	......	25,0	1	NE. 1	0,67
19	568,63	— 0,08	568,26	569,01	+10,63	+ 4,50	+ 8,7	+13,4	.....	......	......	SO. 2	0,76
20	569,09	+ 0,36	568,64	569,96	+11,02	+ 4,87	+ 9,0	+13,6	......	......	......	SO. 2	0,73
21	566,55	— 2,20	565,61	568,12	+ 6,12	— 0,05	+ 4,3	+10,8	......	18,5	4	SO. 2	0,90
22	567,10	— 1,67	565,96	568,38	+ 5,53	— 0,66	+ 4,4	+ 8,1	......	5,3	4	NE. 1	0,77
23	569,48	+ 0,69	568,50	570,09	+ 6,67	+ 0,47	+ 3,6	+11,3	......	......	......	NE. 1	0,79
24	570,21	+ 1,40	569,24	570,97	+ 5,40	— 0,81	+ 4,7	+ 7,2	......	5,3	5	NE. 1	1,00
25	570,43	+ 1,60	570,06	570,64	+ 5,30	— 0,92	+ 5,0	+ 5,6	......	......	......	NE. 2	1,00
26	570,22	+ 1,38	569,72	570,61	+ 5,25	— 0,98	+ 5,0	+ 6,4	......	4,0	6	NE. 1	1,00
27	570,11	+ 1,26	569,87	570,32	+ 7,85	+ 1,62	+ 5,8	+11,5	......	3,7	2	NE. 1	0,87
28	570,31	+ 1,45	569,90	570,94	+ 7,47	+ 1,24	+ 6,7	+10,8	......	1,9	2	NE. 1	0,98
29	571,18	+ 2,32	570,46	571,71	+ 7,96	+ 1,73	+ 5,2	+11,0	......	......	......	NE. 1	0,58
30	571,02	+ 2,15	570,80	571,36	+ 9,93	+ 3,70	+ 7,9	+14,2	......	......	......	NE. 1	0,40
31	567,99	— 0,88	566,74	569,26	+ 9,45	+ 3,23	+ 6,9	+13,3	......	......	......	SO. 1	0,57

[1] Les chiffres renfermés dans ces colonnes donnent la plus basse et la plus élevée des températures observées de 6 h. du matin à 10 h. du soir, les thermomètrographes étant hors de service.

MOYENNES DU MOIS DE JUILLET 1865.

Baromètre.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s	8 h. s.	10 h.
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade,	569,40	569,57	569,79	569,94	569,98	569,87	570,04	570,33	570,53
2e »	569,97	570,24	570,37	570,27	570,26	570,22	570,29	570,63	570,74
3e »	569,29	569,48	569,55	569,52	569,47	569,40	569,45	569,73	569,81
Mois	569,54	569,75	569,89	569,90	569,89	569,82	569,91	570,22	570,34

Température

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s	8 h. s.	10 h.
1re décade,	+ 6°,13	+ 7°,55	+ 9°,78	+ 9°,73	+10°,46	+10°,02	+ 8°,81	+ 6°,99	+ 6°,65
2e »	+ 6,19	+ 9,00	+11,16	+12,22	+12,44	+11,76	+10,76	+ 9,28	+ 8,83
3e »	+ 6,02	+ 7,73	+ 8,95	+ 9,35	+ 8,84	+ 7,92	+ 7,38	+ 6,61	+ 6,41
Mois	+ 6,11	+ 8,08	+ 9,93	+10,40	+10,52	+ 9,84	+ 8,93	+ 7,59	+ 7,27

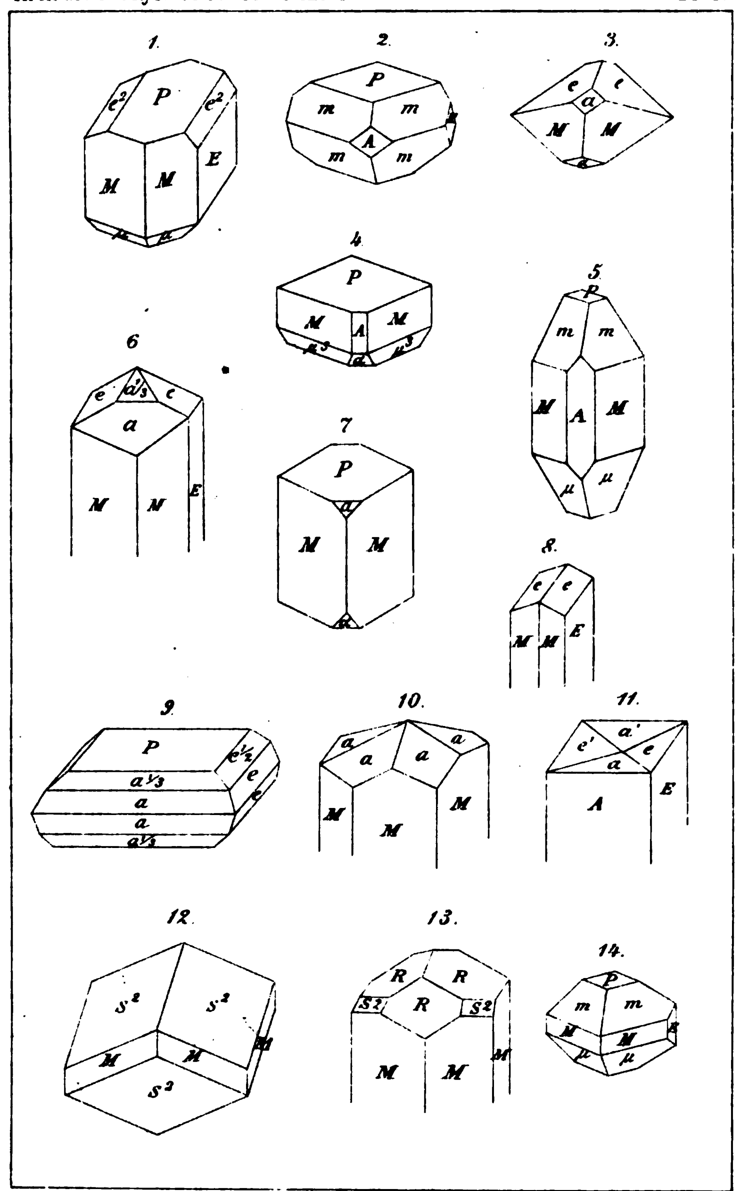
	Min. observé.[1]	Max. observé.[1]	Clarté moy. du ciel.	Eau de pluie ou de neige.	Hauteur de la neige tombée.
	°	°		mm	mm
1re décade,	+ 5,29	+11,36	0,48	63,0	10
2e »	+ 5,79	+12,78	0,48	36,9	—
3e »	+ 5,41	+10,02	0,80	38,7	—
Mois	+ 5,49	+11,34	0,60	138,6	10

Dans ce mois, l'air a été calme 18 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 1,44 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 45°E., et son intensité est égale à 18 sur 100.

[1] Voir la note du tableau.


1.
2.
3.
4.
5.
6.
7.
8.
9.
10.
11.
12.
13.
14.

ARCHIVES

DES

SCIENCES PHYSIQUES ET NATURELLES

GENÈVE. — IMPRIMERIE DE JULES-GUILLAUME FICK.

BIBLIOTHÈQUE UNIVERSELLE

ET

REVUE SUISSE

ARCHIVES

DES

SCIENCES PHYSIQUES ET NATURELLES

NOUVELLE PÉRIODE

TOME VINGT-QUATRIÈME



GENÈVE

BUREAU DE LA BIBLIOTHÈQUE UNIVERSELLE

4, rue de l'Hôtel-de-Ville

LAUSANNE

DELAFONTAINE & ROUGE

NEUCHATEL

DELACHAUX & SANDOZ

1865

QUELQUES FAITS

RELATIFS A L'ÉBULLITION DE L'EAU

PAR

M. L. DUFOUR.

I

On sait que la température d'ébullition de l'eau dépend de la pression que ce liquide supporte. Cette température n'est jamais inférieure à celle qui donne à la vapeur aqueuse une tension égale à la pression qui s'exerce sur le liquide ; mais elle est le plus souvent supérieure à cette limite-là.

Dans les vases en verre et en porcelaine, la différence entre la température d'ébullition et celle qui correspond à une tension de vapeur égale à la pression est toujours très-sensible ; elle varie un peu suivant l'état de la surface du vase et suivant le mode de réchauffement. Dans des circonstances favorables et en chauffant au bain-marie, on obtient aisément des différences de 2 à 5°. — Cette différence, ou ce *retard* d'ébullition, comme on le nomme souvent, a été essentiellement constaté pour des températures très-voisines de 100° et par conséquent pour des pressions très-rapprochées d'une atmosphère.

Dans une série de recherches ayant pour objet l'ébullition de l'eau, j'ai été amené à me demander si ce retard

serait le même sous des pressions différant beaucoup d'une atmosphère, et j'ai fait un certain nombre d'expériences pour résoudre cette question.

L'appareil employé se composait de trois parties : 1° un vase renfermant l'eau destinée à l'ébullition ; 2° un manomètre ; 3° un instrument propre à faire varier la pression. Le vase 1° était une cornue en verre, à tubulure. La tubulure était fermée par un bouchon traversé par un thermomètre dont la cuvette pénétrait au sein du liquide en expérience. Un mastic appliqué sur le bouchon rendait la fermeture hermétique. — Le manomètre était un tube en verre plongeant à sa partie inférieure dans une large cuvette remplie de mercure et dressé le long d'une règle verticale portant des divisions millimétriques. L'instrument 3° était une pompe pneumatique ordinaire. Un vase en tôle, d'environ un litre et demi de capacité, communiquait, par l'intermédiaire d'un premier tube, avec le col de la cornue. Un deuxième tube le reliait à la pompe et un troisième au manomètre. Tous ces tubes étaient pourvus de robinets et l'on pouvait ainsi, à volonté, faire communiquer entre eux les diverses parties de l'appareil.

Le vase en tôle plongeait habituellement dans un réservoir d'eau froide afin de condenser les vapeurs provenant de la cornue.

Des expériences préalables, qu'il est superflu de détailler ici, avaient fait connaître les corrections qu'il fallait apporter à la lecture du manomètre à cause de la situation de son zéro et de la diminution du niveau du mercure dans la cuvette. L'équation du thermomètre était connue également.

La cornue employée avait renfermé pendant quelque

temps de l'acide sulfurique afin de rendre sa surface plus apte à tolérer les retards d'ébullition.

Voici quelle était la marche d'une expérience. En manœuvrant la pompe, on produisait dans l'appareil une certaine pression, inférieure à une atmosphère ; puis on chauffait la cornue par l'intermédiaire d'un bain-marie d'huile et bientôt l'ébullition intervenait. Le dégagement de vapeur et le réchauffement de l'air compris dans les tubes et le vase en tôle tendaient à faire baisser la colonne manométrique ; mais en agissant avec précaution à l'aide de la pompe, on pouvait maintenir ce niveau sensiblement constant pendant plusieurs minutes. La hauteur du mercure dans le manomètre, soustraite de la pression extérieure donnée par un baromètre à cet instant-là, indiquait évidemment la pression intérieure de l'appareil.

J'ai montré, dans un mémoire récent [1], que la température d'ébullition d'une masse d'eau s'élève de plus en plus lorsque ce liquide subit plusieurs réchauffements successifs dans le même vase en verre. Le retard est ordinairement un peu plus grand lors de la deuxième ébullition que lors de la première ; puis si, après un nouveau refroidissement, on produit une troisième ébullition sans sortir le liquide du vase, le retard est encore un peu augmenté et ainsi de suite. — Cette circonstance exigeait donc que l'eau fût renouvelée, dans la cornue en verre, pour chacune des expériences mentionnées plus bas.

Il est à remarquer d'ailleurs que si l'on produit l'ébullition dans un vase en verre, le retard n'est point une

[1] *Archives*, novembre 1864, t. XXI, p. 201.

quantité constante. Le thermomètre oscille constamment et quand le retard devient un peu considérable, ces oscillations sont ordinairement fort grandes. Il ne peut donc pas être question d'indiquer un point fixe de l'échelle thermométrique comme ayant correspondu au changement d'état; mais on peut seulement noter les limites entre lesquelles le thermomètre oscillait.

En outre, si l'on prolonge l'ébullition, on voit le thermomètre, dans ses oscillations, atteindre des points de plus en plus élevés de l'échelle, de telle sorte que — sans toutefois que cela puisse dépasser certaines limites — le retard est moins considérable dans les premiers moments de l'ébullition qu'il ne l'est au bout de quelques minutes ou d'un quart d'heure. Dans les expériences qui suivent et où il s'agissait de *comparer* les retards à diverses pressions, l'ébullition devait donc être observée pendant une même durée. Les températures indiquées plus bas ont toujours été notées dans les dix premières minutes de l'ébullition.

1° *Expériences avec l'eau distillée.* — Le tableau suivant résume les résultats observés dans onze expériences où les pressions ont varié de 717 à 115^{mm}. — La colonne *A* renferme la pression en millimètres de mercure ramenée à 0°; la colonne *B* indique les températures qui donnent à la vapeur d'eau une force élastique égale aux pressions de *A*, c'est donc la température de l'ébullition réputée *normale ;* la colonne *C* renferme les températures d'ébullition *observées* et enfin la colonne *D* indique les différences entre les valeurs de *B* et de *C*, par conséquent les retards d'ébullition.

Tableau I.

A	*B*	*C*	*D*
717mm	98°,4	101°,3 à 101°,9	2°,9 à 3°,5
716	98,4	100,0 — 101,0	1,6 — 2,6
716	98,4	100,3 — 101,5	1,9 — 3,1
709	98,1	102,0 — 102,4	2,9 — 3,3
523	89,8	91,5 — 92,0	1,7 — 2,2
419	84,2	87,0 — 88,0	2,8 — 3,8
324	77.8	79,8 — 81,4	2,0 — 3,6
216	68,3	72,5 — 73,5	4,2 — 5,2
170	63,0	63,5 — 64,5	0,5 — 1,5
122	55,8	59,0 — 60,5	3,2 — 4,7
115	54,7	57,5 — 59,0	2,8 — 4,3

2° *Expériences avec l'eau acidulée.* — Lorsque l'on chauffe de l'eau additionnée d'une petite quantité d'acide sulfurique, les retards d'ébullition se produisent comme avec l'eau pure et même ils atteignent une valeur plus considérable. Mais si l'on produit un dégagement gazeux dans l'intérieur du liquide, l'ébullition s'abaisse au minimum de température possible et tout retard disparaît [1]. Ce dégagement gazeux s'obtient facilement, sous une pression quelconque, en faisant plonger dans le liqnide acidulé deux fils de platine et en lançant un courant galvanique dans ces fils. L'électrolyse de l'eau donne lieu à un dégagement d'hydrogène et d'oxygène qui, sous forme de bulles innombrables, traversent le liquide. Dans mon appareil, les fils s'introduisaient dans la cornue le long du bouchon et à côté du thermomètre ; ils pouvaient être à volonté mis en communication avec les deux pôles d'une faible pile de six éléments zinc et charbon plongeant dans de l'eau salée.

[1] *Archives*, novembre 1864.

La présence du platine n'empêche point le retard d'ébullition de l'eau acidulée dès que les fils ont séjourné depuis quelque temps dans le liquide et qu'ils y ont subi un réchauffement un peu prolongé. Il est probable que c'est la couche d'air adhérente au platine qui provoque l'ébullition ; mais dès que cette couche a été éliminée par l'élévation de la température, la surface de ce métal n'excite pas plus le changement d'état que la surface du verre lui-même[1].

L'eau qui a servi dans ces essais renfermait $^1/_{200}$ d'acide sulfurique.—Après qu'elle avait été introduite dans l'appareil, le col de la cornue était relié, à l'aide d'un tube, avec le vase en tôle; puis on diminuait la pression et on chauffait le liquide. Quand la température approchait du point d'ébullition, le courant était lancé dans les fils de platine. L'ébullition intervenait alors sans secousse et on la laissait durer environ cinq minutes, en maintenant aussi fixe que possible la colonne manométrique et en observant la température. — Le courant était ensuite interrompu, les dernières bulles de gaz disparaissaient bientôt de la surface des fils de platine, et le thermomètre ne tardait pas à s'élever un peu. L'ébullition se produisait alors avec un retard plus ou moins prononcé pendant dix minutes. — Les fils étaient mis de nouveau en relation avec la pile; l'ébullition, redevenue plus régulière, était maintenue encore cinq minutes environ.

Chaque expérience présentait ainsi trois phases et c'est évidemment en comparant les indications du thermomètre pendant la deuxième phase avec ses indications pendant les deux autres, que l'on peut estimer le *retard* produit sous la pression où l'on opérait. — J'ai déjà

[1] *Archives*, novembre 1864.

remarqué plus haut que, pendant une ébullition avec retard, le thermomètre ne demeure point constant et les *soubresauts* bien connus que le liquide présente en bouillant s'accompagnent d'oscillations parfois assez considérables de la colonne mercurielle. Durant le passage du courant, au contraire, la température d'ébullition conserve une remarquable fixité et souvent, pendant les cinq minutes de la première ou de la troisième phase de l'expérience, il ne se produisait pas un dixième de degré de variation, à la condition toutefois que la pression demeurât bien invariable. Le plus ordinairement, le thermomètre s'est maintenu de un à deux dixièmes de degré plus élevé dans la troisième phase que dans la première.

Dans le tableau II, les colonnes *A*, *B*, *C*, *D*, *E* renferment successivement : 1° la pression; 2° la température d'ébullition dans la première phase de l'expérience, lorsque le courant passe dans les fils de platine ; 3° la température lors de la troisième phase ; 4° les limites entre lesquelles le thermomètre a oscillé pendant les dix minutes où l'ébullition a eu lieu sans électrolyse ; 5° enfin les *retards* observés sous les diverses pressions. — Les chiffres de la colonne *E* sont donc les différences entre *D* d'une part et *B* et *C* d'une autre.

Tableau II.

A	*B*	*C*	*D*	*E*
716mm	98°,8	99°,0	100°,3 à 100°,9	1°,4 à 2°,0
709	98,5	98,7	99,7—100,5	1,1—1,9
705	98,3	98,4	99,8—100,3	1,5—1,9
577	93,0	93,2	94,7— 95,2	1,7—2,0
468	87,3	87,4	98,5— 89,3	1,2—1,9
368	81,1	81,5	83,7— 84,0	2,6—2,5
278	74,5	74,6	76,7— 76,9	2,2—2,3
160	61,8	62,0	64,5— 65,2	2,7—3,2
114	54,5	54,7	58,0— 59,0	3,5—4,3
83	48,0	48,1	52,0— 53,5	4,0—5,4

En jetant les yeux sur les tableaux I et II, on voit immédiatement que *les retards d'ébullition se produisent sous toutes les pressions.* On voit en outre que ces retards ne paraissent pas varier d'une manière bien régulière avec la pression, surtout dans le tableau I où l'ébullition sous la pression de 170mm, par exemple, s'est produite avec un retard plus faible qu'à 717mm ; tandis que l'expérience faite sous la pression 216mm a donné une différence très-prononcée en sens inverse. Mais si l'on ne s'en tient pas à la comparaison de deux ou trois cas particuliers et si l'on examine l'ensemble des 21 résultats consignés plus haut, on peut dire, ce me semble, que *les retards sont en général plus considérables lorsque l'ébullition se produit sous des pressions plus faibles.* Les différences ne sont sans doute pas considérables; mais elles sont cependant assez importantes et assez nombreuses, surtout dans le tableau II, pour qu'on ne puisse guère mettre en doute cette augmentation du retard dans les faibles pressions.

Ce résultat (contraire à ce que j'attendais en entrepre-

nant ces essais) est peut-être un argument nouveau en faveur de la supposition que l'ébullition des liquides est surtout provoquée par le contact des gaz libres dans leur intérieur. J'ai indiqué, dans mon précédent travail, un certain nombre de faits qui concourent à établir cette influence du contact des gaz et, dans ces derniers temps, M. Boutan a développé avec beaucoup de force les motifs qui peuvent faire considérer l'ébullition comme une simple évaporation sur les surfaces internes qu'offrent aux liquides les globules gazeux retenus dans leur intérieur.

L'eau que l'on soumet à l'ébullition renferme en dissolution une certaine quantité d'air. Les solides avec lesquels elle est en contact (parois du vase, fils de platine, poussière en suspension) possèdent aussi à leur surface une couche gazeuse plus ou moins condensée et souvent très-adhérente. — Toutes les causes qui tendent à éliminer cette couche gazeuse contribuent à augmenter les retards d'ébullition. C'est pour cela, sans doute, que les fils de platine, qui plongent dans l'eau, n'excitent plus le changement d'état lorsqu'ils ont été chauffés un peu longuement dans ce liquide, que l'eau dont on prolonge l'ébullition présente un retard qui va en augmentant peu à peu, etc., etc.

Les causes qui tendent à éliminer l'air dissous dans l'eau ou adhérent aux solides sont l'élévation de la température et la diminution de la pression. Il est naturel de penser que la couche gazeuse, fixée à la surface des solides, tend à disparaître en raison de l'accroissement que son volume subit et que plus cet accroissement est considérable, qu'il soit provoqué par l'abaissement de la pression ou par l'augmentation de la chaleur, plus les gaz

s'éliminent complétement. — Dans un liquide que l'on chauffe jusqu'à l'ébullition en même temps que l'on diminue la pression, les gaz de son intérieur sont donc probablement chassés d'une façon d'autant plus complète que les conditions où l'on se trouve produisent un accroissement plus considérable de leur volume.

Supposons que l'air adhérent aux solides avec lesquels l'eau se trouve en contact présente un volume V sous une pression de 760^{mm} et une température de $0°$. Lorsque la pression sera devenue H et la température T, ce volume sera : $V(1 + 0{,}00366.\ T)\frac{760}{H}$ en vertu des lois connues. Si l'on fait successivement T égal à $50°$, $60°$, $70°$, etc., que l'on donne à H les valeurs correspondant à la force élastique de la vapeur aqueuse, pour ces températures-là, on verra facilement dans quelle proportion a dû s'augmenter le volume des gaz contenus dans l'eau, lorsque ce liquide entre en ébullition à ces diverses températures. — En supposant que le volume du gaz est 1 à $0°$ et 760^{mm}, on trouve facilement qu'il est :

1,36	pour une ébullition à	100° ;	pression :	760^{mm}
1,92	id.	90° ;	id.	525^{mm}
2,76	id.	80° ;	id.	354^{mm}
4,11	id.	70° ;	id.	233^{mm}
6,22	id.	60° ;	id.	149^{mm}
9,75	id.	50° ;	id.	92^{mm}
15,89	id.	40° ;	id.	55^{mm}

Ces chiffres montrent que l'accroissement de volume des gaz est d'autant plus considérable que l'ébullition se produit à une température plus basse. L'augmentation n'est pas très-forte lorsque l'on est encore près de 100° ; mais elle devient de plus en plus rapide à mesure que l'eau bout sous une pression plus faible et pour une ébullition

qui se proudit à 50°, par exemple, le volume des bulles d'air que contenait le liquide à l'origine a été décuplé.

Il est donc probable, d'après cela, que les gaz adhérant aux parois du vase s'éliminent d'autant plus complétement que le liquide bout à une température plus basse, et si le contact des gaz est une cause qui favorise le changement d'état, on comprend que les *retards* deviennent plus notables lorsque l'ébullition se produit à des températures plus basses. Il est même à remarquer que, dans les résultats d'expériences consignés plus haut, cet accroissement du retard est surtout frappant pour les températures d'ébullition un peu éloignées de 100° (voir surtout le tableau II), c'est-à-dire précisément dans les circonstances où l'augmentation de volume du gaz, par l'action combinée de la température et de la pression, s'accroît le plus rapidement. — On peut se figurer que sous des pressions encore plus faibles que celles des tableaux précédents, les retards deviendraient de plus en plus considérables ; l'expérience justement célèbre et si connue de M. Donny[1] peut être considérée comme réalisant cette limite extrême de l'ébullition sous une pression très-minime.

Il est d'ailleurs très-probable que l'élimination des gaz ne dépend pas uniquement des circonstances de température et de pression auxquelles ils sont soumis ; l'adhérence moléculaire avec les solides joue incontestablement son rôle ; cette adhérence dépend sans doute de la nature des corps en contact et peut-être de la forme de leurs surfaces, et ces conditions peuvent varier beaucoup

[1] *Ann. de chimie et phys.*, t. XVI, 3me série, p. 167.

d'une expérience à une autre. Il est fort possible que, dans telle expérience, des grains de poussière, par exemple, flottant dans le liquide, retiennent plus énergiquement en contact un fluide aériforme, malgré la diminution de la pression et l'élévation de la température. — C'est peut-être dans cette considération qu'on trouve la cause des irrégularités que présentent les chiffres des colonnes *D* tableau I et *E* tableau II, lorsqu'on les suit dans l'ordre des pressions décroissantes.

II

Lorsqu'on étudie l'ébullition à des températures ou à des pressions diverses, on reconnaît bientôt que l'air dissous dans le liquide joue un rôle très-important dans la production de ce phénomène. Cet air ne s'élimine que difficilement d'une manière complète et il contribue probablement, dans une assez forte mesure, à rendre plus faibles les retards de l'ébullition. Cette influence du contact des gaz demeure probablement une action toute physique, pour ceux d'entre eux au moins qui ne se combinent pas avec l'eau. Il y a toutefois un certain intérêt à rechercher si l'ébullition de l'eau présente des caractères différents lorsque ce liquide tient en dissolution d'autres gaz que l'air et lorsqu'on le chauffe sous une atmosphère qui ne renferme ni oxygène ni azote.

Pour étudier cette question, l'appareil précédemment décrit a été quelque peu modifié. Comme les expériences ont toujours été faites sous une pression égale à la pression extérieure, le manomètre a été écarté et le tube qui y aboutissait, partant du vase en tôle, a été relié avec un gazomètre dans lequel se trouvaient les gaz avec lesquels on voulait expérimenter.

Des essais ont été faits avec de l'hydrogène, de l'acide carbonique et du gaz à éclairage.

Expériences avec l'hydrogène. L'hydrogène avait été préparé par la réaction de l'acide sulfurique sur le zinc en présence de l'eau. Il s'agissait, en premier lieu, de débarrasser l'eau de la cornue le plus complétement possible de l'air renfermé en dissolution, puis de remplacer cet air par de l'hydrogène. — La communication avec le gazomètre étant fermée, on a d'abord fait le vide dans l'appareil, puis on a laissé rentrer de l'hydrogène. L'eau a été ensuite chauffée jusqu'à 100°, afin de favoriser le dégagement de l'air demeuré dissous et après le refroidissement, on a de nouveau fait le vide afin d'éliminer ce premier mélange d'air et d'hydrogène. Une nouvelle provision d'hydrogène pur est entrée dans l'appareil par le rétablissement de la communication avec le gazomètre, puis l'eau a été chauffée une seconde fois et après cela le vide a été fait de nouveau et maintenu pendant quelque temps. Un troisième courant d'hydrogène a ensuite passé du gazomètre dans l'appareil qui a été abandonné dans cet état pendant quelques jours. S'il restait encore des traces d'air en dissolution dans l'eau, ce gaz s'est sans doute dégagé, pendant cet intervalle, dans l'atmosphère d'hydrogène qui a d'ailleurs été éliminée une dernière fois et remplacée par du gaz pur provenant du gazomètre. L'eau de la cornue a été abandonnée dans cette atmosphère nouvelle et agitée de temps en temps, afin de favoriser la dissolution du gaz. Elle a été ensuite chauffée au bain-marie et examinée quant aux caractères de l'ébullition.

La communication était ouverte avec le gazomètre dont la cloche était maintenue d'une façon telle que la pres-

sion intérieure de l'appareil était égale à la pression ambiante. Le baromètre indiquait 712^{mm}; la température d'ébullition normale était donc 98°,2 d'après les tables de M. Regnault.

Le réchauffement produisit, comme pour l'air, un dégagement de bulles gazeuses bien avant le moment de l'ébullition. Ce dégagement était déjà considérable de 60 à 80°. Le thermomètre continua à monter et l'ébullition intervint vers 100°. La température se maintint de 99°,5 à 100°2, présentant ainsi un retard de 1°,3 à 2°.

Une deuxième expérience, faite dans des circonstances semblables, donna un résultat du même genre. Le retard d'ébullition varia de 1°,5 à 2°3.

Ces retards sont tout à fait du même ordre que ceux qui ont été souvent observés, avec le même vase chauffé de la même manière, dans l'air ordinaire. L'ébullition, d'ailleurs, ne présentait aucun caractère qui la distinguât d'une manière sensible de celle qui s'effectue à l'air et la présence de l'hydrogène en dissolution dans l'eau et à l'état d'atmosphère au-dessus de ce liquide ne paraît donc pas modifier son ébullition. Le coefficient de dissolution de l'hydrogène est, d'après M. Bunsen [1], 0,0194 à 23°.

Expérience avec l'acide carbonique. De l'acide carbonique, préparé par la réaction de l'acide chlorhydrique sur du marbre, a été dégagé dans le gazomètre, puis on a répété exactement les opérations indiquées ci-dessus pour l'hydrogène.

Lorsque l'eau a été chargée d'acide carbonique, on l'a chauffée afin d'observer l'ébullition. Des bulles nom-

[1] *Ann. der Chemie und Pharm.*, 1855.

breuses se dégageaient déjà vers 60° à 90°, ce dégagement était considérable et paraissait s'accompagner de vapeur d'eau ; mais le thermomètre continuait sa marche ascendante et l'ébullition intervint lorsqu'il marqua de 100° à 100°,3. Cela correspondait à un retard de 1°,9 à 2°,2 d'après la hauteur du baromètre au moment de l'expérience. Cette ébullition présentait d'ailleurs les mêmes caractères que celle qui s'effectue à l'air, et l'acide carbonique ne semble donc pas influer sur le phénomène de l'ébullition de l'eau autrement que l'air ordinaire.

Suivant M. Bunsen, le coefficient de solubilité de l'acide carbonique est 1,79 à 0°; 0,90 à 20°.

Expérience avec le gaz à éclairage. On s'est servi du gaz fourni par l'usine d'Ouchy, lequel est préparé par la distillation de la houille. L'expérience a été exécutée comme pour les corps précédents, c'est-à-dire que l'appareil a été plusieurs fois vidé, puis rempli à nouveau avec le gaz en même temps que l'eau était chauffée pour faire disparaître l'air dissous.

Après que l'eau de la cornue eut séjourné quelques jours sous une atmosphère de gaz à éclairage, on la chauffa au bain-marie. L'ébullition arriva avec les caractères qu'elle présente dans l'air et dans un premier essai, la température varia de 100°,5 à 100°,9. La pression extérieure était de 718^{mm} et l'ébullition normale, par conséquent, à 98°,4. Le retard était donc de 2°,1 à 2°,5.

Dans un second essai, la température d'ébullition varia de 100°,2 à 101°,2; retard : 1°,8 à 2°,8. — Dans une troisième expérience, la température varia pendant l'ébullition, de 101 à 101°,2; retard : 2°,6 à 2°,8.

On voit donc que les retards, avec le gaz à éclairage,

sont du même ordre que ceux qui se produisent quand l'eau bout dans l'air.

Le coefficient de solubilité du gaz à éclairage, suivant M. Bunsen, est 0,149 à 20°.

En résumé, lorsque l'eau renferme en dissolution de l'acide carbonique, du gaz à éclairage ou de l'hydrogène, et qu'on la chauffe jusqu'à l'ébullition sous une atmosphère de ces gaz-là, cette ébullition présente les mêmes caractères que dans l'air. Le retard de température qui se produit, dans un vase en verre, est du même ordre que celui qui s'observe dans des circonstances semblables lorsque l'eau est exposée à l'air; ou du moins, les différences observées avec ces différents gaz ne sont pas supérieures à celles que l'on obtient, le plus souvent, dans des expériences successives à l'air ordinaire.

DE LA

CONSTITUTION DU SOLEIL

PAR

M. EMILE GAUTIER,
colonel fédéral.

(Communiqué à la Section de physique de la Société helvétique des Sciences naturelles le 23 août 1865.)

(Suite.)

L'étude de la constitution du soleil a pris un nouvel essor dans ces derniers temps, essor dû indubitablement aux idées émises sur ce sujet, dès 1861, par M. Kirchhoff. Quoique la foi de maint astronome dans un soleil tel que nous l'a dépeint Herschel, ne fût peut-être pas très-robuste, cette théorie était virtuellement si bien acceptée de tous, que la publication des vues de l'illustre chimiste allemand a produit un ébranlement général dans la science. Les sectateurs demeurés fidèles à l'hypothèse admise travaillent de toutes leurs forces à la maintenir. D'autres astronomes, au contraire, ont reconnu quelles entorses elle fait subir à toutes les données physiques et rationnelles, et ils ont adopté tout ou partie des nouvelles idées. Beaucoup, enfin, ne se prononcent point encore sur cet objet final de leurs recherches, tout en en scrutant assidument les détails.

Nous appartenons à la seconde de ces catégories, et les immenses simplifications qu'apporte dans la théorie du soleil, son assimilation à un globe liquide incandescent, nous ont convaincu. Il reste bien assez d'inconnu dans nos études, sans vouloir l'augmenter encore de conceptions plus ou moins imaginaires. Or c'est là qu'on arrive avec la soi-disant photosphère, source de chaleur et de lumière pour nous habitants de la terre, situés à 38 millions de lieues, pour ceux d'autres planètes plus distantes encore; mais qui laisserait obscur et « relativement froid », un globe en contact immédiat avec elle ou à peu près, idée exigeant par conséquent la suspension de toutes les lois de conductibilité, de rayonnement ou d'équilibre calorifique entre les deux corps, ainsi que l'ont si bien fait observer de savants physiciens.

L'extrême complication de l'hypothèse herschélienne n'est nullement nécessaire pour rendre compte des apparences solaires, nous croyons l'avoir démontré dans de précédents mémoires[1], et une assimilation de plus en plus complète à un alliage métallique en fusion y satisfait pour le moins aussi bien. Il est bien entendu que nous sous-entendons dans cette assimilation l'existence des scories flottant à la surface du métal en fusion, et produisant les apparences des taches.

Avec cette hypothèse, on peut fort bien admettre que les taches correspondent à des cavités apparentes situées à la surface de l'astre, lors même que l'existence de ces cavités ne nous est point encore démontrée; tout au moins que la tache, pénombre et noyau, se trouve à un niveau inférieur à celui de la photosphère environnante. Il est très-plausible en effet de présumer que nous ne voyons

[1] *Archives*, 1863, t. XVIII, p. 209, et 1864, t. XIX, p. 265.

pas seulement la surface brillante du liquide en fusion, mais aussi les vapeurs des corps volatilisés par la haute température de sa masse. L'analyse spectrale a constaté, par exemple, la présence du zinc dans le soleil. Or, tout le monde sait que dans la fabrication du laiton, où il entre comme composant, il est vaporisé dans les limites où le cuivre se liquéfie et que la surface de l'alliage en fusion est entièrement voilée par ses émanations. L'analogue se passe, selon toute vraisemblance, dans le soleil, et répond à l'apparence que présentent ses taches vues au moyen d'instruments puissants. On ne peut méconnaître que l'observation directe donne à l'œil l'impression de matières gazeuses flottant sur les bords de la photosphère, soit qu'elle vienne à être interrompue par la pénombre d'une tache, soit qu'elle confine immédiatement à son noyau, comme cela est si souvent le cas. L'origine de cette impression se trouve dans la consistance nuageuse, cotonneuse et floconneuse qui paraît appartenir à tous les phénomènes observés sur la surface solaire et tout particulièrement aux parcelles lumineuses de toute forme dont le noyau des taches est souvent parsemé.

Il est, dès lors, tout naturel de supposer que ces vapeurs brillantes, s'élevant au-dessus de la surface du liquide en fusion, et variant d'éclat et d'intensité, contribuent à l'apparence moutonnée ou pommelée de son globe. Les solidifications partielles correspondant aux taches, pourront paraître dans un enfoncement relatif, parfois même être recouvertes par elles sur leurs contours. Toutefois, l'élévation de ces vapeurs brillantes au-dessus du niveau liquide ne paraît pas atteindre de grandes dimensions, puisque le bord du disque solaire se présente à nous nettement terminé et sans aspérités mar-

quées, même sous l'inspection des plus forts grossissements. Il se comporte, à cet égard, tout différemment de l'enveloppe rosée, qui, pendant les éclipses, fournit les protubérances. Mais ceci ne doit point constituer une objection sérieuse contre notre manière de voir. La couche d'épaisseur variable d'émanations métalliques entourant le soleil et imprégnées de poussières, de fumées ou de laves, à laquelle nous avons attribué ces phénomènes, peut exister en même temps que les vapeurs lumineuses ou les gaz en combustion dont nous parlons, et les envelopper plus ou moins complétement. Il n'y a rien que de logique à penser que les gaz, brillant sous l'influence de l'intense chaleur de la masse en fusion, se maintiennent dans son voisinage immédiat et perdent leur éclat dès qu'ils s'en éloignent. Ici encore, nous retrouvons l'analogue de ce fait dans l'atelier du fondeur de laiton, dont le zinc vaporisé s'oxyde en flocons blancs dès qu'il quitte la surface du bain d'alliage, formant ce qu'on a appelé la laine philosophique.

En considérant la surface du soleil comme parsemée de vapeurs ou de nuages lumineux, nous avons la satisfaction de nous trouver d'accord avec les vues du Père Secchi. Quoique différant totalement d'avec lui à l'égard de la solidité du noyau solaire, nous admettons volontiers que les facules, les plus brillantes des vapeurs émises par le globe incandescent, puissent faire saillie sur sa surface, et tout spécialement aux alentours des taches ou dans leur proximité immédiate, là où ces émanations pourront être d'autant plus intenses et plus vives, que leur émission sera plus gênée par le voisinage des taches. On sait que c'est dans ce voisinage qu'elles sont le plus fréquentes, et il est aisé de penser qu'elles puissent

alors présenter l'apparence d'une montagne circulaire, rappelant la forme d'un cratère lunaire, comme l'éminent astronome romain nous raconte en avoir vu récemment. Mais ici la tache est, pour nous, un durcissement ou un épaississement partiel et momentané de la matière solaire, venant faire obstacle à l'émission des vapeurs lumineuses et les contraignant à jaillir tout autour. Parfois la croûte, plus ou moins épaisse, ne peut pas leur résister. Il s'ensuit alors des ruptures se manifestant sous la forme des ponts lumineux, ou des stries qui coupent le noyau ou la pénombre des taches.

La photosphère du soleil est donc pour nous, non pas une couche de matière brillante séparée et indépendante du globe central, mais l'apparence du globe en fusion lui-même, avec les émanations gazeuses, lumineuses, qui en dérivent. Partant de cette base, il sera aisé, je pense, de se rendre compte des détails de la surface solaire, tels qu'ils nous sont dépeints par les astronomes d'Outre-Manche, et sur lesquels ils ont un peu de peine à se mettre d'accord. L'un d'eux a introduit dans la science une comparaison entre les « choses » (*things*), comme on les désigne aussi, couvrant cette surface, et des « feuilles de saule » (*willow leaves*). Mais ces feuilles de saule, paraît-il, ne sont pas si faciles à discerner. Dans une lettre récente, l'astronome royal soupçonne le Père Secchi de les confondre avec les « brins de chaume » (*thatch-straws*) d'un autre observateur, et lui-même ajoute ne les avoir jamais bien vues (*I have never seen them properly myself*). Les « lucules, » dont certains astronomes français ont composé le pommelé de la photosphère, sont assimilés par M. Stone à des « grains de riz » (*rice-grains*) et des descriptions très-soignées en ont été fai-

tes récemment à la Société royale astronomique de Londres.

De quelle nature sont ces corps lumineux composant la photosphère solaire? quel que soit d'ailleurs le nom qu'on leur donne, ce qui importe assez peu. La plupart des auteurs y voient des nuages composés de quelque substance brillante. Mais telle n'est pas l'opinion d'une autorité considérable en pareil sujet, de sir J. Herschel: « Je ne crois pas, écrit-il, que ce soient des nuages dans le sens ordinaire du mot ; je les crois composés de matière solide, stable (*permanently solid matter*), ayant cette espèce de structure fibreuse ou filamenteuse qui entraîne ses éléments, lorsqu'ils sont juxtaposés, en se poussant ou se heurtant l'un l'autre, à se réunir en flocons, comme du duvet (*flue*) dans une chambre. » Il se pose ensuite la question: « Pourquoi sont-ils, et pourquoi sont-ils seuls lumineux ? » A cela il répond : « Parce qu'ils sont solides et qu'ils flottent (au niveau fixé par leur densité) dans une matière gazeuse, ou liquide transparente, ou intermédiaire (et toutefois encore transparente), d'une température immensément élevée. Par le terme intermédiaire, j'entends cet état transitoire entre gazeux et liquide, dû à une pression augmentant graduellement, comme dans les expériences de Cagniard de la Tour. Et la non-luminosité du milieu dans lequel ils flottent me paraît suffisamment expliquée, en le supposant de transparence incolore. » Il ajoute encore : « Si la surface de l'enveloppe solaire n'est pas lumineuse, cela est dû, j'imagine, à ce qu'il n'y a pas de pareille surface; la densité allant en diminuant, depuis celle qui existe au-dessous de la photosphère jusqu'à zéro, dans les régions plus élevées, où la pression est zéro. »

On voit à quels ingénieux efforts d'imagination les plus éminents auteurs doivent avoir recours, pour mettre d'accord leurs observations avec cette hypothèse si embarrassante du noyau solide. Nous pouvons ajouter que parfois leurs tentatives deviennent plus ou moins inintelligibles. Il ne s'en est produit aucune, jusqu'ici, pour rendre compte dans cette supposition du singulier phénomène étudié dans notre précédent mémoire[1]. Je veux parler de l'accélération du mouvement de rotation des taches solaires à mesure qu'elles se rapprochent de l'équateur. Il ne me paraît pas possible de faire cadrer ce fait avec l'existence d'un noyau solide, tandis qu'il devient plausible dans la nouvelle théorie. La pensée d'un océan de feu, lançant par bouffées les vapeurs brillantes de ses éléments les plus volatilisables, nous paraît également beaucoup plus apte à représenter la photosphère avec tous les détails signalés tout à l'heure. Ces détails ne sont point encore, on l'a vu, tout à fait acquis à la science. Ils sont difficiles à observer et exigent des instruments à forts grossissements.

Pendant les quelques mois où j'ai pu, l'hiver dernier, profitant de l'extrême obligeance du P. Secchi, voir le soleil avec le beau réfracteur du Collége Romain, je n'ai point su discerner les feuilles de saule, ni les grains de riz des astronomes anglais. Il ne me coûte guère d'en convenir après l'aveu, que j'ai enregistré tout à l'heure, de M. Airy. J'aurais plutôt conscience d'avoir aperçu les brins de chaume de M. Dawes, et encore cette comparaison ne me satisfait-elle pas entièrement. L'apparence des promontoires lumineux, soit sur le noyau des taches, soit sur leur pénombre, y a probablement donné

[1] *Archives*, 1864, t. XIX, p. 279 et suiv.

lieu, et elle fournit réellement l'idée de paille hâchée et emmêlée; mais il faut en même temps en supposer les brins brillants, émoussés dans toutes les directions, comme les flocons de poussière dont parle sir J. Herschel, et qui se groupent en petits amas de duvet dans les appartements, ou comme les brouillards légers qui flottent au gré du vent le long des pentes des montagnes. Aussi certaines représentations graphiques qu'on en a tentées, sont-elles, à mon avis, très-défectueuses. Toutes les parties des taches présentent ce caractère brumeux, cotonneux, et l'on n'y voit guère de contours parfaitement tranchés, que lorsque les extrêmes d'éclat et d'obscurité se trouvent juxtaposés. Au contraire, dans la pluralité des cas, les jets lumineux faisant saillie sur les surfaces foncées se fondent graduellement, donnant tout à fait l'idée de vapeurs d'une extrême ténuité.

Lorsque ces vapeurs se trouvent isolées sur une partie obscure, il n'est pas douteux qu'elles font naître l'impression de planer au-dessus du fond sur lequel elles se projettent. Nous n'avons aucune difficulté à l'admettre; mais nous en ferons davantage pour croire au mouvement descendant que certains observateurs attribuent à la photosphère tout autour de la pénombre, voyant sur les bords de celle-ci, qui pour eux constitue les parois d'un entonnoir, une cascade incessante de matière lumineuse. Ce mouvement de haut en bas nous paraît devoir être singulièrement malaisé à constater, et sans l'idée préconçue de la cavité, les mêmes apparences pourraient tout aussi bien concorder avec un mouvement en sens inverse. Or, il s'en faut que ce point de départ soit prouvé, malgré les affirmations de quelques auteurs.

Nous avons reçu tout récemment le résumé des con-

clusions de l'astronome, qui s'est voué, depuis plusieurs années, avec un zèle remarquable, à l'étude des taches et dont les travaux antérieurs ont déjà été analysés par nous ; je veux parler de M. le professeur Spœrer. Voici ce qu'il publie aujourd'hui dans le n° 1542 des *Astronomische Nachrichten :*

« Dans un mémoire que j'ai envoyé récemment à l'Académie des Sciences de Berlin, je me suis hasardé à énoncer cette proposition, formulant ma conviction déduite d'observations prolongées : « Les taches sont situées au-« dessus de surfaces lumineuses, soit au-dessus de la « région des facules. » J'y expose aussi, que par un ciel d'une pureté spéciale, je vois les pénombres se résoudre en d'innombrables petites taches obscures.

« Voici maintenant un phénomène facile à discerner. Lorsqu'une tache entourée de sa pénombre, s'approchant du bord occidental, en est éloignée d'environ 17 secondes, on aperçoit le noyau encore sensiblement plus foncé que la pénombre. Lors d'un plus grand rapprochement, l'image devient plus confuse, la pénombre paraît proportionnellement plus obscure, de telle sorte qu'à cinq secondes de distance du bord, noyau et pénombre ne peuvent se distinguer l'un de l'autre. Un partisan de la théorie des entonnoirs ne manquerait pas d'affirmer qu'alors on n'aperçoit plus du tout le noyau, qui se trouve occulté par la paroi de l'entonnoir la plus voisine de nous. Cependant une semblable explication doit être rejetée ; car j'ai constaté plusieurs fois ce phénomène sur des taches qui n'avaient de pénombre qu'à leurs extrémités nord et sud. La pénombre ne paraît, suivant moi, plus claire que le noyau, que parce que la surface lumineuse sous-jacente est visible entre les innombrables petites ta-

ches qui la composent. Ces intervalles luisants sont de plus en plus recouverts à mesure qu'ils approchent du bord du disque ; lorsqu'ils sont totalement cachés, de telle sorte qu'aucune portion de surface brillante ne soit visible, la pénombre doit paraître aussi obscure que le noyau. Les diverses nuances d'obscurité dans les noyaux viennent de ce que cette surface lumineuse brille plus ou moins au travers des différentes régions du noyau. Les noyaux qui parfois paraissent sensiblement moins obscurs qu'à l'ordinaire, se montrent, sous de forts grossissements, déchirés et coupés de minces lignes lumineuses. »

Les conceptions de notre auteur sont, on le voit, fort différentes des vues généralement admises. Elles nous montrent un des astronomes les plus versés dans l'étude du soleil taxant d'illusions les apparences dont nous parlions tout à l'heure, malgré l'impression première bien positive qu'elles produisent sur l'œil de l'observateur. Je veux parler de celle que laissent les vapeurs légères, lumineuses qui paraissent flotter au-dessus des fonds plus obscurs. L'avenir seul pourra décider où est la vérité, un avenir de travaux de plus en plus actifs. M. Spörer réclame et pressent à la fois de grands développements à apporter dans ce but aux établissements existants. Comprenant que d'incessants dessins des taches du soleil ne peuvent prendre le temps des astronomes déjà surchargés de besogne, il voudrait voir se fonder un observatoire spécial, avec au moins deux employés, vu la nécessité de saisir tous les jours et plusieurs fois par jour les apparences des taches. Lui-même donne, en attendant, l'exemple de l'assiduité, et ses nombreuses publications en font foi. Il nous annonce encore un contingent de documents tendant à démontrer que les déplacements ex-

centriques du noyau par rapport à sa pénombre ne sont ni réguliers comme on le prétend, ni dépendant du mouvement de rotation du soleil, en sorte que la base sur laquelle repose l'hypothèse des entonnoirs se trouverait renversée.

Nous comptons sur ce résultat et nous en espérons la prochaine démonstration par une autorité aussi compétente. En attendant, nous nous permettrons de faire observer, en faveur de la théorie que nous avons émise, qu'elle concilie les deux manières de concevoir les émanations lumineuses au travers et autour des taches. Si la condensation de la matière qui produit les pénombres s'opère sous une forme granuleuse, telle que la décrit M. Spörer, les interstices entre les centres de condensation peuvent laisser voir le liquide incandescent et ses vapeurs brillantes : nous l'avons déjà indiqué tout à l'heure. Mais rien n'empêche que ces vapeurs ne prennent aussi leur essor au-dessus du niveau de la substance condensée, et ne viennent produire les effets de nuages légers flottant au-dessus d'elle. Nous modifierions ainsi seulement la proposition citée tout à l'heure, en disant : « Les taches sont situées au-dessus des régions *produisant* les facules. » Jusqu'à plus ample information, telle est la manière dont nous concevons les apparences solaires après les avoir observées sous de forts grossissements. Nous n'avons d'autre prétention, en offrant ces développements à cette savante assemblée, que de faire ressortir la simplicité d'une hypothèse, qui par cette simplicité même devient philosophiquement plus probable qu'aucune autre, tout en ayant l'avantage de faire concorder l'état actuel du soleil avec la phase de liquidité généralement attribuée jadis à la terre par les géologues.

QUARANTE-NEUVIÈME SESSION

DE LA

SOCIÉTÉ HELVÉTIQUE DES SCIENCES NATURELLES

réunie à Genève les 21, 22 et 23 Août 1865.

I

SÉANCES GÉNÉRALES.

La session de cette année devait offrir un caractère particulier.

C'est à Genève, ou pour parler plus exactement, à Mornex, près de Genève, que la Société helvétique a été fondée, et c'est dans le lieu de son origine qu'elle venait célébrer, en 1865, la cinquantième année de son existence.

Elle l'a fait modestement, avec sérieux, comme il convient à un corps scientifique. A vrai dire cependant, un peu d'orgueil n'aurait pas été ridicule de sa part, puisque cette société, dont la forme a été imitée dans presque tous les pays civilisés, a exercé chez nous une influence considérable et a bien mérité de la science. Elle a été la première société transportant son siége tantôt dans une ville tantôt dans une autre. Son exemple a fait naître en Suisse plusieurs associations analogues pour des objets d'une autre nature et a donné l'idée des associations scientifiques allemande, anglaise, italienne,

néerlandaise, scandinave, etc., qui ont elles-mêmes suscité les congrès internationaux relatifs aux sciences morales et politiques. Rien de plus efficace que ces réunions nomades pour développer dans chaque localité le goût des choses intellectuelles, et pour créer entre les personnes qui s'occupent de recherches spéciales des relations qui contribuent ensuite à l'avancement de leurs travaux.

Des réflexions de cette nature ont influé probablement sur plusieurs de nos collègues et même sur des savants étrangers à la Suisse, car les uns et les autres sont accourus en grand nombre à Genève, et il a régné dans toutes les séances un entrain, dans toutes les réunions une cordialité, qui nous laissent de précieux souvenirs. Jamais les membres ordinaires de la société n'avaient été aussi nombreux [1] et rarement ils ont présenté un ensemble d'hommes aussi distingués comme savants et aussi estimés par leur influence au milieu de nous. A part deux ou trois exceptions regrettables, déterminées par la maladie ou par des raisons non moins majeures, nous avons eu le plaisir de voir presque tous nos vétérans et nos collaborateurs les plus actifs dans le champ de la science. A la tête nommons M. Studer, de Berne, notre savant géologue, le seul des 36 membres fondateurs qui existe encore et qui réside en Suisse [2]. Il n'avait que 21 ans en 1815 lorsqu'il fut associé, comme

[1] 294, d'après les listes publiées pendant la session, lesquelles sont, il est vrai, toujours un peu inexactes et doivent être rectifiées pour l'impression dans les *Actes*.

[2] M. Aug.-Charles Mayer, ancien professeur d'anatomie à Berne, fixé depuis longtemps à Bonn, est avec M. Bernard Studer le seul survivant.

un jeune homme plein d'avenir, à son père et aux amis de son père, les Gosse, les Wyttenbach, Huber, Marc-Auguste Pictet, Pierre Prevost, Gaspard de la Rive, Vaucher, Gaudin, etc., qui fondaient la société. Cinquante ans de travaux remarquables ont justifié cette adjonction, et c'est un bonheur pour nous d'avoir vu notre digne prédécesseur commencer un second demi-siècle avec toute la plénitude de ses facultés intellectuelles. Sans parler des savants genevois, qui naturellement étaient tous présents, MM. Escher, Desor, Ruttimeyer, pour la géologie ; MM. Clausius, Schœnbein, Hirsch, Bolley, Dufour, Mousson, pour les sciences physiques et chimiques ; MM. Valentin, Aug. Chavannes, Kœlliker, pour l'anatomie et la zoologie ; MM. Heer, Meissner, pour la botanique; les docteurs Rahn-Escher, Nicati, Recordon, De la Harpe, etc., dans l'art médical, présentaient avec bien d'autres compatriotes que nous aurons l'occasion de nommer dans cet article et dans le suivant, des garanties de bonne discussion dans toutes les branches de la science. Soixante-dix à quatre-vingts savants étrangers ont aussi assisté aux séances. Nous devons être flattés de leur nombre, puisque l'usage de notre société n'est pas d'envoyer des invitations officielles hors de la Suisse; mais ce qui nous a fait un véritable plaisir, c'est d'avoir compté parmi ces hôtes improvisés plusieurs des hommes les plus illustres de notre époque et bon nombre de ceux qui ont eu autrefois, dans leur jeunesse, ou qui ont aujourd'hui par la nature particulière de leurs travaux, des rapports intimes avec la Suisse. Les explorateurs de nos Alpes et de nos glaciers étaient représentés par MM. Tyndall, Ch. Martins, J. Ball, Frankland, Dollfuss-Ausset, Marcou, par les géologues Cotteau, Om-

boni, Capellini, Lory, Oppel, de Mortillet, etc. La météorologie, dont l'étude est si avancée en Suisse, avait attiré MM. Dove, de Berlin, et Buys-Ballot, de Hollande. On raconte même que, réunis à quelques observateurs suisses, ces deux savants ont formé, en dehors des séances, un petit congrès additionnel où l'on est tombé d'accord sur quelques détails importants pour l'uniformité des observations météorologiques en Europe. De la même manière M. Schimper, de Strasbourg, qui prépare un ouvrage général sur les végétaux fossiles, a pu s'entendre avec M. Pictet pour adopter un plan analogue à celui de sa paléontologie animale. La section de botanique a profité singulièrement de la présence de MM. de Bary, de Fribourg en Brisgau, Caruel, de Florence, et J.-A. Planchon, de Montpellier ; celles de physique et chimie de MM. Eisenlohr, Fehling, H. Deville, Descloiseaux, Wiedemann, Lissajous, Müller, Persoz, et Volpicelli de Rome. Un pays bien éloigné, le Danemark, était représenté par une de ses plus grandes notabilités scientifiques, M. Steenstrup. M. Magnus, de Berlin, est arrivé à Genève malheureusement à la fin de la session, mais M. Claude Bernard, qui l'avait devancé de quelques heures, a fait une communication intéressante dans la dernière séance. Enfin deux illustres chimistes, M. Dumas, de l'Institut, et M. Wöhler, de Gottingen, ont ajouté singulièrement à l'intérêt de la réunion. Pour M. Wöhler, elle était envisagée sans doute comme une société purement scientifique ; mais pour M. Dumas le voyage à Genève offrait un autre caractère. C'est dans notre cité qu'il a reçu les premières notions des sciences et publié ses premiers travaux. Il accomplissait une sorte de pèlerinage, en mémoire d'anciens amis et d'anciens maîtres, et

il l'a exprimé avec infiniment d'esprit et de cœur dans un toast auquel nous nous sommes tous associés, non sans émotion.

La première séance générale a été remplie, à peu près complétement, par le discours du président, M. de la Rive, que nous donnons plus loin, par une communication de M. Alph. de Candolle sur les effets de la température dans la germination des graines, qui paraîtra dans un des prochains numéros de notre journal, et par des réflexions variées et intéressantes de M. Henri Ste-Claire Deville sur la tendance actuelle des idées en chimie et sur la fusion qui s'opère de cette science avec la physique.

Les objets spéciaux devant trouver place dans les séances de sections, les séances générales sont destinées aux questions qui intéressent toute personne instruite ou du moins plusieurs catégories de savants. A ce double point de vue, rien n'était plus à sa place qu'une longue et intéressante communication verbale, faite dans la seconde séance par M. Claude Bernard. Le célèbre physiologiste de Paris a résumé, avec beaucoup de clarté, les expériences qu'il a commencées depuis longtemps sur l'action vénéneuse du *curare*. La manière dont ce poison détruit les propriétés du système nerveux a été exposée par lui de la manière la plus complète. Il a insisté sur ce que la mort du nerf marche dans l'effet toxique absolument comme dans la mort naturelle. Un fait nouveau a été annoncé par M. Bernard, c'est que l'alcaloïde qu'on tire du curare en est la seule partie vénéneuse. En effet, on obtient par lui tous les résultats connus du curare, tandis que les autres ingrédients si nombreux de cette substance n'ont aucune action quelconque sur les animaux.

A l'occasion du cinquantième anniversaire de la fondation, le questeur, M. Siegfried, a rédigé, en langue allemande, un travail considérable sur l'histoire de la société[1]. Le comité central en a si bien compris l'intérêt qu'il l'a fait imprimer, et on a pu le distribuer aux membres présents à Genève. Nous recommandons la lecture de ce mémoire à toutes les personnes qui veulent connaître la marche de notre société. On verra comment elle est devenue de plus en plus scientifique, sans perdre le moins du monde de l'attrait qu'elle peut offrir aux Suisses qui aiment les études et qui ne sont pas des professeurs ou des savants tout à fait spéciaux. Le nombre des membres ordinaires a commencé par être de 36 ; il s'élève maintenant à environ 800. Les fondateurs résidaient dans trois cantons de la Suisse occidentale ; aujourd'hui il y a des membres dans tous les cantons et pour ainsi dire dans toutes les vallées de la Suisse.

La société a eu 49 sessions dans les 50 ans, et même 50, si l'on veut compter une réunion spontanée qui eut lieu à Genève en 1859, à la place de la session ordinaire à laquelle on avait d'abord renoncé. Les sessions ont été tenues dans 24 villes ou localités différentes, savoir : Zurich (4 sessions), Winterthour (1), Berne (4), Porrentruy (1), Lucerne (2), Altorff (1), Glaris (1), Fribourg (1), Soleure (3), Bâle (3), Schaffouse (2), Trogen (1), St-Gall (3), Coire (2), Samaden (1), Aarau (3), Frauenfeld (1), Lugano (2), Lausanne (4), Sion (1), le Grand St-Bernard (1), Neuchâtel (1), Chauxdefonds (1), Genève (6). C'est une chose bien remarquable de trouver dans cette liste de très-petites villes, quelquefois des villages, et

[1] Geschichte der schweizerischen naturforschenden Gesellschaft. In-4°. 98 pag. Zurich 1865.



même un couvent situé d'une manière aussi extraordinaire que le St-Bernard. Rien ne prouve mieux la décentralisation des lumières qui est un trait caractéristique de la Suisse, et un gage assuré de ses progrès dans les sciences.

Le mémoire de M. Siegfried contient une table des articles scientifiques renfermés dans les *Actes* qui se publient chaque année, un aperçu historique sur les sociétés cantonales pour les sciences naturelles, et beaucoup de détails sur les objets dont la société s'est occupée. On voit en tête un portrait lithographié du fondateur, Henri-Albert Gosse ; mais nous ne pouvons faire ici l'analyse de ce travail si complet, il nous faut revenir au récit de la session de 1865.

Une partie des deux séances générales a été consacrée à la lecture de rapports des commissions permanentes. C'est en effet un des traits essentiels de la Société helvétique de faire exécuter des travaux importants en dehors des sessions, de manière à combiner les avantages d'une réunion nomade avec ceux d'une société sédentaire. La direction de la bibliothèque, dont le dépôt est à Berne, exige toujours quelque décision de l'assemblée. La publication des *Mémoires* occupe une commission spéciale assez nombreuse, et son mandat n'est pas une sinécure puisque les volumes in-4°, publiés depuis 28 ans, s'élèvent à vingt-et-un [1].

Dans ce moment six autres commissions travaillent à des objets spéciaux qui exigent des expériences ou des observations de tous les jours. Elles sont relatives à la confection d'une carte géologique de la Suisse, à des ob-

[1] Neue Denkschriften... Nouveaux Mémoires de la Société helvétique, etc. In-4°. Chez Georg, libraire, à Genève et à Bâle.

servations météorologiques entreprises dans un grand nombre de localités sur un plan uniforme, à la mesure d'une portion d'arc du méridien passant sur le territoire suisse, aux courants électriques terrestres, à l'hydrographie de la Suisse, enfin à la distribution de la phthisie selon la position et l'élévation des diverses parties du pays suisse. Le rapport de cette dernière commission a été renvoyé à la section de médecine. Les commissions sur la mesure du méridien et sur l'hydrographie n'étaient pas encore en mesure de rapporter. Les autres ont présenté des rapports; nous en dirons ici quelques mots.

M. Studer a exposé l'état des travaux concernant la carte géologique. En rappelant d'abord les premières tentatives faites par Keller, en 1808, et par lui-même, en 1834, pour offrir des cartes géologiques de la Suisse, sur une petite échelle, d'après les données imparfaites qu'on avait alors, M. Studer a esquissé, pour ainsi dire, à larges traits une histoire de la géologie suisse dans le siècle actuel. Arrivé à l'époque où la carte fédérale si habilement conçue et dirigée par notre illustre compatriote le général Dufour, a permis de rapporter les observations géognosiques à une base topographique bien établie, le travail des géologues a pu réaliser ce qu'on désirait. La Société helvétique, réunie spontanément à Genève en 1859, a proposé l'organisation de travaux volontaires, qui donnent déjà d'excellents résultats. Les géologues disposés à travailler dans telle ou telle partie du territoire où ils habitent reçoivent les directions de la commission, en vue de l'uniformité désirable. Ils ont d'ailleurs l'édition de 1853 de la carte de M. Studer, et bientôt ils auront une nouvelle édition de cette même carte, pour se diriger dans le dédale des recherches à faire.

MM. A. Müller et Mösch, qui ont déjà publié des cartes du Jura bâlois, argovien et schaffousois, continuent leurs recherches dans des districts voisins. Il sera aisé de tirer parti de leurs anciens travaux pour la carte définitive, de même que des travaux importants publiés déjà sur le Jura bernois et neuchâtelois par divers géologues bien connus. M. Théobald travaille avec beaucoup d'ardeur dans le canton des Grisons, qui offre un si haut intérêt géologique et était si peu connu. M. Fritsch étudie le Saint-Gothard, M. Kaufmann la feuille comprenant Aarau, Zurich et Lucerne, M. de Fellenberg le haut Valais, M. Gilliéron la région de Berne et Fribourg, M. Renevier les Alpes vaudoises, M. Jaccard le Jura occidental, M. Ischer le Simmenthal. Il règne donc une louable activité dans ces travaux où le zèle scientifique fera ce qu'on n'obtient dans beaucoup de pays que par de fortes dépenses. Le gouvernement fédéral accorde un subside annuel pour l'exécution typographique, ce qui a permis de publier un volume de texte de M. Théobald et deux feuilles de l'atlas fédéral d'après les travaux de ce savant, mais il s'accumule dans les mains de la commission des cartes déjà achevées que l'état des fonds ne permet pas de publier. En particulier, la ligne du Jura est pour ainsi dire terminée, en ce qui concerne les travaux géologiques, et il serait fort à désirer qu'on pût en avancer la publication. Quant aux régions alpines, plusieurs offrent d'immenses difficultés. « Une seule feuille de l'atlas fédéral dans la région des Alpes calcaires, dit M. Studer, peut occuper les meilleures années de la vie d'un homme. » Assurément les géologues suisses n'en seront pas effrayés. Ce qu'ils ont fait et ce qu'ils font depuis quelques années en donne la certitude.

Les observations météorologiques instituées par la Société n'entraîneront pas des travaux aussi prolongés; mais, pour le moment, ce n'est pas peu de chose d'obtenir avec régularité trois observations par jour dans 82 stations différentes, de grouper, de calculer les moyennes et de publier cet ensemble à la fin de l'année. Le rapport lu par M. le professeur Mousson est accompagné de la présentation du premier volume in-4°, comprenant les observations du 1er décembre 1863 au 1er décembre 1864. Chaque mois exige 51 ou 52 pages de tableaux numériques et environ deux pages de résumés ou explications sur des phénomènes accidentels. Des 82 stations, 76 ont envoyé des documents très-satisfaisants. C'est beaucoup si l'on réfléchit à la circonstance que les observateurs ne sont pas payés et travaillent par zèle pour la science. Ce zèle est si général en Suisse, grâce, il faut le dire, en grande partie à notre Société, que la commission reçoit continuellement des offres de coopérer aux observations météorologiques. Elle a dû les refuser dans beaucoup de cas, afin de ne pas augmenter les frais de confection ou de comparaison des instruments, et ceux, bien plus considérables, de publication. Elle n'admet de nouveaux centres d'observations que dans deux cas : 1° s'il s'agit d'une localité particulièrement intéressante; 2° si les frais pour les instruments ne tombent pas à la charge de la Société. Sous ces deux conditions la commission a accepté avec reconnaissance deux nouvelles stations proposées par deux de nos collègues : l'une chez M. Desor, à Combe-Varin, dans le Jura neuchâtelois; l'autre par les soins et aux frais de M. Dollfuss-Ausset, sur le col de Saint-Théodule. Comme cette dernière station présente des difficultés extraordinaires et offre un grand intérêt, nous transcrirons quelques lignes du rapport :

« M. Dollfuss-Ausset, bien connu par ses nombreux travaux sur les glaciers, après avoir vainement tenté d'organiser des observations continues sur le Faulhorn, a conçu l'idée hardie de fonder pour une année entière une station sur le col de Saint-Théodule, entre Zermatt et Tourmanche. Dans ce moment on est occupé à rendre habitable la petite maison en pierre qui s'y trouve, et on y rassemble les objets nécessaires au séjour de deux personnes pendant un hiver de huit mois. Deux jeunes guides de l'Oberland, les frères Platter, se sont déclarés prêts à tenter la dangereuse entreprise. Leur tâche consistera à faire d'abord les observations aux trois époques de notre système (7^h, 1^h, 9^h), puis à faire des inscriptions bihoraires, comme elles se font au Simplon, au Saint-Bernard et à Genève. L'importance de ce projet tient surtout à la hauteur de cette station, en comparaison de toutes celles où jusqu'ici on a observé. Le col Saint-Théodule, en effet, atteint la hauteur de $3,300^m$ et surpasse de 900^m le Saint-Bernard ($2,478^m$), le plus haut point d'où l'on possède des observations annuelles. Il diffère peu du col du Géant, où de Saussure fit, en 1788, son célèbre séjour de deux semaines. Le Saint-Théodule complètera d'une manière remarquable l'échelle de stations que nous possédons dans la chaîne méridionale du Valais. Nous aurons en effet :

Saint-Théodule, à	$3,300^m$
Saint-Bernard	2,478
Simplon	2,008
Zermatt	1,613
Glion	688
Genève	408

« M. Dollfuss s'est chargé à lui tout seul de l'arrangement de la station; c'est à lui que reviendra le mérite de cette hardie tentative. Votre commission ne pouvant, par suite de ses ressources limitées, coopérer en rien à la réalisation d'un si remarquable projet, s'est bornée à exprimer tout l'intérêt qu'elle y prenait et à offrir l'insertion des tableaux qui en résulteraient dans les publications fédérales. »

Une commission avait été nommée l'année dernière, à Zurich, pour s'occuper de l'étude des courants électriques terrestres, sujet assez nouveau, du moins en ce qui concerne la connaissance des variations et de leurs causes. M. le professeur Louis Dufour, de Lausanne, a lu un premier rapport dont nous indiquerons les traits principaux.

Une première série d'expériences préliminaires a été effectuée en se servant du fil télégraphique direct qui relie Berne et Lausanne, sans passer par aucun bureau intermédiaire. Cette ligne a une longueur de 90,000^{m} de développement; les deux stations sont séparées par une distance rectiligne de 79,100^{m}. Malgré la bonne volonté de l'administration fédérale, les exigences du service télégraphique n'ont pas permis de faire des observations aussi nombreuses que la commission l'aurait désiré; toutefois ces premiers essais ont amené à des conclusions intéressantes. Lorsqu'une ligne est formée de plusieurs fils télégraphiques parallèles supportés par les mêmes poteaux, il se produit souvent des dérivations d'un fil à l'autre. Il peut donc arriver que des courants *télégraphiques* lancés dans les fils voisins passent en partie sur le fil d'observation qui ne devrait accuser que les courants *terrestres*. Les dérivations trop faibles pour influencer les

appareils télégraphiques sont très-sensibles au galvanomètre; elles tiennent à un défaut d'isolement des fils et nullement à la proximité des plaques de terre; elles ne se manifestent que par la pluie. Malgré cette cause de perturbation, la puissance de courants indépendants de toute influence télégraphique est parfaitement évidente. Ces courants varient d'un jour à l'autre, souvent d'un moment à l'autre, en intensité et en direction. Dans les essais qui ont été faits, ces courants circulaient plus fréquemment de Berne à Lausanne que dans la direction inverse. Leur variabilité était généralement plus grande le matin que le soir. Il serait très-utile pour ce genre de recherches d'avoir des instruments enregistreurs. Les difficultés de l'étude de ces courants rend nécessaire la continuation d'essais avant que la commission puisse proposer l'installation d'appareils définitifs. En tout cas, il serait fort désirable que la Suisse possédât un observatoire spécialement destiné à la mesure des éléments magnétiques qui sont si étroitement liés aux courants terrestres.

Les deux séances générales, des 21 et 23 août, ont été presque complétement remplies par ces rapports de commissions, par le discours du président et les communications de MM. de Candolle et Claude Bernard. On n'a pas eu le temps de lire une notice biographique de feu M. Trog par M. L. Fischer, ni les rapports de plusieurs sociétés cantonales sur leurs travaux de l'année[1]. C'est à peine si l'on a consacré une demi-heure à des objets de pure administration, et par là on peut voir combien la Société a pris une marche régulière et une tendance vraiment scientifique.

[1] Ces objets seront imprimés dans le volume in-8° des *Actes*.

On en jugera mieux encore d'après l'extrait que nous donnerons dans le prochain numéro, des séances de sections, tenues le 22 août, et les deux autres jours après ou avant les séances générales. Non-seulement il y a eu dans toutes les sections des communications nouvelles, plus ou moins importantes, mais les discussions y ont été constamment ce qu'elles doivent être: animées et courtoises, variées et sans divagations.

Le même esprit s'est manifesté en dehors des séances. Les membres de la Société et les savants étrangers ont eu de nombreuses occasions de se voir. C'était d'abord, le 20 août, jour de l'arrivée, chez le président, M. de la Rive; ensuite, pendant la session, chaque jour, à dîner; le lundi soir, chez M. de Candolle, vice-président, dans sa maison de campagne, au Vallon; le mardi, à la soirée offerte par les membres genevois de la Société; le mercredi soir, chez M. le Dr Gosse, à Mornex, et même le jeudi, car des réunions amicales, moins nombreuses, se sont prolongées chez plusieurs de nos collègues, après la session proprement dite. Nous voudrions parler du plaisir que nous avons éprouvé dans ces heures d'agréable conversation, et nous voudrions le faire en réduisant de beaucoup les éloges et les remerciements dont on nous a comblés dans plusieurs *toasts*. Le souvenir de ces manifestations cordiales, ramenées à leur juste valeur, nous est cher à cause des sentiments qui les dictaient, mais nous ne pouvons insister sur des faits non-scientifiques; aussi ne parlerons-nous que d'une seule des réunions, parce qu'elle se liait intimement à l'histoire de la Société. — Genevois, Suisses des autres cantons et étrangers, nous avons été touchés de voir le fils et le petit-

fils du fondateur de la Société, Albert Gosse, recevoir chez eux, dans le charmant ermitage de Mornex, les successeurs des hommes qui avaient conçu, dans cet endroit même, un demi-siècle auparavant, la première société scientifique suisse et, par le fait, le premier congrès scientifique européen. Combien l'idée n'avait-elle pas grandi au delà de tout ce qu'on avait pu prévoir en 1815! Aussi avec quel empressement on regardait le pavillon primitif dans lequel, en face d'une magnifique nature et autour des bustes de Linné et de plusieurs naturalistes suisses, on avait proclamé joyeusement la fondation de la Société! Chacun s'empressait de questionner le seul témoin de cette scène qui pût en raconter les détails, et quand un rayon de soleil perçant les nuages est venu colorer admirablement les montagnes, il a semblé que l'enthousiasme dépassait peut-être celui qui avait animé les honorables fondateurs de la Société, lorsqu'il suscita le discours-prière de l'ermite de Mornex mentionné dans nos annales[1].

La prochaine réunion de la Société doit avoir lieu à Neuchâtel. Il aurait été préférable peut-être qu'après Genève ce fût dans une localité de la Suisse orientale, et un moment on avait espéré que Zug recevrait la Société. Cependant nos collègues de ce canton ayant demandé d'ajourner à une autre année, la Société a accepté avec empressement une proposition de Neuchâtel. M. Louis Coulon a été nommé président et M. Desor vice-prési-

[1] Voyez *Naturwiss. Anzeiger der schweiz. Gesellsch.*, n° 1, p. 5; *Revue des Deux Mondes*, article de M. Ch. Martins, en 1864, sur la session de Samaden et l'origine de la Société helvétique; et le Mémoire déjà cité de M. Siegfried sur l'histoire de la Société. Le frontispice de ce dernier écrit présente une vue du pavillon de Mornex.

dent. Nous ne doutons pas que la réunion de 1866 ne réussisse parfaitement bien, le canton de Neuchâtel étant un de ceux où il y a le plus de personnes instruites, dévouées à la science, et la ville de Neuchâtel pouvant offrir soit pour des séances, soit comme objets dignes d'attention des établissements publics d'un véritable intérêt.

DISCOURS PRONONCÉ LE 21 AOUT 1865

à l'ouverture de la quarante-neuvième session de la

SOCIÉTÉ HELVÉTIQUE DES SCIENCES NATURELLES

RÉUNIE A GENÈVE.

PAR

M. LE PROF. AUGUSTE DE LA RIVE

Président de cette Société.

Messieurs,

Aujourd'hui pour la quatrième fois depuis qu'elle existe, la Société helvétique des sciences naturelles se réunit dans la ville près de laquelle, il y a cinquante ans, elle prit naissance. Cette circonstance ajoute un intérêt tout particulier à la réunion de cette année, et nous rappelle d'une manière plus vivante encore que dans nos réunions ordinaires, ces hommes d'élite qui fondèrent l'association patriotique et scientifique dont nous saluons en ce jour le cinquantième anniversaire.

L'unique représentant qui nous reste de ces hommes trop tôt ravis à notre respect et à notre affection, le professeur Studer, de Berne, que nous avons le bonheur de posséder aujourd'hui au milieu de nous, vous dirait bien mieux que moi quelle ardeur noble et désintéressée pour

les travaux de la pensée animait ceux dont, malgré sa jeunesse, il fut l'ami et le collaborateur dans l'œuvre qui nous rassemble. Il vous dirait quelle vénération reconnaissante est due à leur mémoire, vénération qui de notre part leur est acquise dès longtemps.

L'idée éclose dans le Pavillon de Mornex a grandi, et la Suisse sent avec reconnaissance le prix inestimable de ces réunions périodiques auxquelles elle doit son développement scientifique, et ce qui est plus précieux encore, les relations aussi cordiales qu'utiles qui unissent maintenant chez elle tous les hommes voués à la culture des sciences.

Vous me permettrez. Messieurs, de rappeler que c'est à la Suisse qu'appartient l'idée première de ces associations scientifiques actuellement si nombreuses, et grâce auxquelles chaque année des hommes dispersés sur le sol de l'Europe ont la joie de se rencontrer et de s'entretenir ensemble de leurs préoccupations les plus chères, et de leurs occupations communes. Aujourd'hui, Messieurs, cette joie est grande pour nous qui avons l'honneur de vous recevoir, et je suis convaincu que vous la partagez avec nous, vous savants suisses, mes compatriotes, qui m'avez autorisé à parler en votre nom ; vous aussi qui êtes venus apporter à cette réunion le charme de votre esprit et le prestige de votre illustration, savants étrangers et pourtant également mes compatriotes, du moins dans l'ordre intellectuel, car la science n'a ni patrie, ni nationalité, puisque ses domaines sont l'Univers et la Pensée.

En m'appelant pour la seconde fois à l'honneur de vous présider, vous m'avez imposé, Messieurs, l'obligation d'ouvrir cette séance en attirant votre bienveillante at-

tention sur quelque sujet scientifique. Il y a vingt ans que j'avais essayé, dans une circonstance semblable, d'esquisser les progrès rapides et surprenants qu'avait faits en peu d'années l'électricité, cette science si féconde en phénomènes merveilleux et en magnifiques applications. J'aurais voulu aujourd'hui, m'élevant à un point de vue plus général, vous retracer l'histoire, sinon complète, du moins en me bornant aux traits généraux, de la grande période scientifique que l'humanité a traversée dans le demi-siècle qui s'est écoulé depuis la fondation de notre Société. Mais j'ai reculé devant la grandeur de cette tâche, et à défaut de ce tableau dont l'étendue eût dépassé mes forces et lassé votre patience, je me bornerai à vous en signaler les deux caractères principaux : une tendance à chercher des rapports entre des forces et des agents regardés jusqu'alors comme très-différents, une disposition qui va constamment en croissant à envisager le côté pratique des questions scientifiques. C'est comme deux courants bien distincts dont l'un pousse les esprits à la recherche de l'unité dans les phénomènes variés que présente l'Univers, tandis que l'autre les porte vers les applications techniques de la science.

La fin du dernier siècle et le commencement de celui-ci avaient amené une transformation remarquable dans l'étude des sciences expérimentales. Par l'effet d'une réaction contre l'esprit de système dont on avait abusé, les hommes de science n'avaient plus voulu d'autres guides que l'observation et l'expérience. Cette méthode les avait conduits à établir entre les différentes parties des sciences des distinctions bien tranchées qui faisaient de chacune un tout complet et isolé. Ainsi la lumière, la chaleur, l'électricité, le magnétisme, l'affinité chimique,

étaient considérés comme les effets d'agents distincts doués de propriétés spéciales. Ce n'est pas à nous qui en avons largement profité à méconnaître les grands résultats qu'a produits, entre les mains de tant de savants illustres, cette analyse rigoureuse et serrée des phénomènes de la nature.

Mais, à partir de 1815, une nouvelle direction est imprimée à la marche de la science : au besoin de distinguer vient se substituer celui de rapprocher. Deux faits sciencifiques sont la première manifestation de cette nouvelle tendance, et inaugurent brillamment le début de ce demi-siècle dont nous touchons aujourd'hui le terme. Je veux parler des recherches si remarquables par lesquelles Fresnel réussit à démontrer d'une manière irréfragable ce qui n'était encore que soupçonné, à savoir que la lumière n'est que le résultat d'un mouvement, et de l'importante découverte par laquelle Oersted parvint à établir la liaison entre l'électricité et le magnétisme. Ce fut là le double point de départ des nombreux travaux qui, aboutissant de nos jours à la théorie mécanique de la chaleur, ont fait découvrir entre les différentes forces physiques des rapports multipliés, et substituer dans l'idée qu'on doit se faire de leur nature, la notion de mouvements à celle d'agents distincts. Nous pouvons même entrevoir déjà le moment où elles arriveront à n'être plus considérées que comme des modifications d'une force unique et où un nouveau Laplace pourra, comme l'auteur de la Mécanique celeste l'a fait pour les phénomènes du Ciel, ramener aux lois de la simple mécanique tous les phénomènes de la nature inorganique.

Pendant que, mettant à contribution et leurs propres travaux et ceux des savants qui les ont précédés, des es-

prits préoccupés avant tout d'idées générales cherchaient à remonter aux lois de l'Univers, d'autres génies plus pratiques se livraient de leur côté avec non moins de succès aux applications techniques de la science. Vous les connaissez, Messieurs, toutes ces applications merveilleuses qu'a enfantées notre époque; vous en faites journellement usage; elles sont devenues dans notre civilisation comme une seconde nature, et elles ont fait de l'industrie une des grandes forces de l'humanité. On a beau en médire, il faut compter avec elle. Et pourquoi d'ailleurs en médire? N'est-elle pas une puissante auxiliaire du progrès humain, non-seulement parce qu'elle augmente autour d'elle le bien-être, mais surtout parce qu'en le répandant plus généralement, elle rend accessibles à un plus grand nombre les travaux de la pensée, élevant ainsi le niveau intellectuel de l'humanité tout entière. Ce ne serait donc pas seulement faire preuve d'ingratitude, mais montrer peu de portée dans l'esprit que de ne pas considérer l'industrie comme un des buts les plus élevés que puisse se proposer la science.

Et cependant, il est impossible de ne pas mettre au-dessus d'elle cette science théorique qui lui sert de base, et sans laquelle il n'y aurait pas de science appliquée. Il est vrai qu'elle n'offre pas à ceux qui la cultivent des perspectives aussi prochaines ni aussi brillantes; mais d'un autre côté elle leur ménage des jouissances encore plus pures et plus certaines, parce qu'elle satisfait à un besoin de l'esprit humain plus élevé et plus noble que la simple recherche de l'utile, la poursuite de la vérité.

C'est à nous, Messieurs, qu'il appartient surtout de revendiquer les droits de la science pure et d'en encourager la culture; c'est là l'un des principaux buts et le

mandat le plus important des sociétés savantes. La nôtre l'a-t-elle compris? Je peux hardiment dire que oui; et il me suffirait pour le prouver de vous retracer l'histoire des travaux qu'elle a accomplis depuis son origine; mais limitée même à notre Société, une exposition de ce genre n'aurait pu entrer dans le cadre de ce discours. D'ailleurs, je n'aurais pas fait autre chose que de répéter ce que renferme l'excellent ouvrage que vous apporte notre infatigable questeur, M. Siegfried. Cependant tout en me privant d'un sujet de discours, cet ouvrage me désigne en quelque sorte l'ordre de faits dont je dois vous parler si je veux rester fidèle à des traditions qui sont notre meilleure gloire. Une histoire de la science suisse, telle que M. Siegfried l'a écrite, fait ressortir avec évidence le rôle important qu'a constamment joué dans cette science l'étude des phénomènes naturels particuliers à notre terre et à son atmosphère. Comment, du reste, la météorologie et la physique terrestre n'auraient-elles pas tenu la première place et accaparé les meilleurs esprits dans la patrie des Haller et des de Saussure, dans cette région de l'Europe où la nature a réuni à toutes les magnificences qui s'imposent le plus fortement à l'admiration, les problèmes scientifiques qui surexcitent le plus vivement les intelligences. La Suisse, disait l'année dernière, à Zurich, l'un des plus éminents météorologistes modernes, M. Dove, la Suisse est la patrie de cette météorologie des montagnes inaugurée par de Saussure et par Deluc, et qui joue un rôle si important dans l'étude de la physique du globe. Notre Société avait compris de bonne heure le devoir que lui imposait cette situation exceptionnelle du pays où la Providence l'a placée; aussi s'était-elle empressée d'organiser des observations météo-

rologiques; mais c'est surtout depuis 1860 que, encouragée et aidée par le gouvernement fédéral, elle a réussi à donner à ces observations un développement et un ensemble qui en feront avec le temps un recueil de documents du plus haut intérêt pour la solution des grandes questions de la physique terrestre. A l'heure qu'il est, il n'existe pas moins de 88 stations dont la hauteur au-dessus de la mer varie de 200 à 2600 mètres, et dans lesquelles se font simultanément sur un plan uniforme de nombreuses observations météorologiques. Une commission de la Société dirige l'ensemble de ces observations dont elle surveille la publication régulière. On s'est demandé s'il ne serait pas possible d'en étendre le champ, en y joignant, par exemple, l'étude du magnétisme terrestre et de l'électricité terrestre et atmosphérique. C'est une question, Messieurs, que vous serez appelés à examiner; permettez-moi aussi de vous en soumettre une autre en mon nom personnel.

L'importance du rôle que joue dans les phénomènes astronomiques la transparence plus ou moins grande de l'atmosphère n'est ignorée de personne; il y a plus, cette transparence est elle-même un phénomène météorologique des plus curieux. Il n'est pas un habitant de nos vallées qui ne sache que l'un des présages les plus certains de la pluie, est la netteté. accompagnée d'une coloration azurée, avec laquelle on aperçoit quelquefois les montagnes éloignées. Cet aspect accuse la présence d'une grande humidité dans l'air; mais on se demande comment il se fait que cette humidité facilite la transmission de la lumière, tandis qu'elle arrête celle de la chaleur rayonnante.

Notre atmosphère, surtout dans ses couches les plus

rapprochées du sol, est, ainsi que cela résulte des belles recherches de M. Pasteur, remplie d'une foule de germes organiques, qui sont naturellement opaques, mais qui deviennent transparents en vertu de leur nature éminemment hygrométrique quand ils absorbent l'eau qui se trouve dans l'air où ils flottent. Lorsque l'atmosphère est sèche, il leur arrive en général de former comme un léger brouillard qui intercepte un peu la lumière des objets éloignés ; mais dès que survient une humidité générale et un peu forte, le brouillard disparaît, soit parce que les germes qui le formaient sont devenus transparents, soit parce que l'eau qu'ils ont absorbée les ayant rendus plus pesants, ils sont tombés sur le sol. Telle serait, suivant nous, la cause la plus fréquente de ces changements si frappants dans la transparence de l'atmosphère, qui se manifestent souvent de la manière la plus inopinée, mais qui coïncident toujours avec des variations de l'humidité. N'y aurait-il donc pas quelque intérêt à comprendre le degré plus ou moins grand de la transparence de l'atmosphère dans le nombre des éléments météorologiques soumis à une détermination régulière, et à en saisir les rapports avec la pression, la température, l'humidité et la hauteur de la couche d'air où se fait l'observation ? C'est donc là une question que je vous soumets, Messieurs, en ajoutant que, grâce à un appareil construit dans ce but d'après les conseils et sous la direction de M. le professeur Thury, et que j'aurai l'honneur de mettre sous les yeux de la section de physique, ce genre d'observation pourrait se faire avec facilité et exactitude.

La commission météorologique dont j'ai parlé il y a un instant n'est pas la seule commission à laquelle la

Société ait confié des mandats scientifiques ; il en est encore plusieurs autres, et dans le nombre, l'une des plus importantes est celle qui a été chargée de diriger la confection de la carte géologique de la Suisse. La Société, en instituant la commission géologique en même temps que la commission météorologique, a compris que l'étude de la partie solide de notre globe et celle de son atmosphère présentaient un intérêt égal, et qu'il était honorable pour la Suisse de mener ces deux études de front. Elle a donc confié à cinq de ses géologues les plus distingués le soin de doter notre pays d'une carte géologique à laquelle la carte topographique dressée sous la haute direction du général Dufour doit servir de base. Les travaux qui sont déjà achevés ont obtenu les suffrages de tous les géologues ; c'est là un encouragement précieux pour ceux de nos collèques qui ont accepté la tâche délicate et laborieuse que la Société leur a confiée.

Ainsi, Messieurs, la météorologie, la géologie, et je pourrais ajouter la géodésie et la physique terrestre dans son ensemble, occupent une grande place dans les travaux de notre Société. Ne m'est-il pas permis d'en conclure que je ne dois pas sortir de cet ordre d'idées dans ce qu'il me reste à vous dire, et que je ferai bien d'aborder maintenant un sujet qui y rentre et qui, en même temps, m'a paru à tous égards mériter d'être traité devant vous. Ce sujet, qui appartient à la Suisse par droit de naissance, et à tout le monde savant par droit de conquête, est la question des glaciers, question aux développements successifs de laquelle notre Société a assisté et a pour ainsi dire présidé.

Elle se présente sous deux faces différentes : sous une face physique qui n'a trait qu'à l'étude et à l'explication

des glaciers tels qu'ils existent actuellement, et sous une face géologique qui envisage le rôle que les glaciers ont dû jouer dans les phénomènes qui se sont passés sur la surface du globe. Cette seconde face de la question, il faut le reconnaître, a singulièrement agrandi l'intérêt que la première pouvait avoir, en faisant monter un phénomène spécial, remarquable sans doute à bien des égards, au rang d'un phénomène général qui caractérise la plus récente des révolutions dont notre globe a été le théâtre. Il n'est donc pas inutile que dans ce que je vais vous dire sur cette question des glaciers, j'en esquisse en peu de mots le côté géologique avant d'en aborder le côté physique, sur lequel je compte surtout insister.

Je me souviens qu'étant fort jeune encore, c'était en 1819, et voyageant avec mon père dans le Valais, nous fîmes la rencontre d'un homme qui, sous une apparence rustique, cachait un esprit d'observation aussi vif que profond. C'était Venetz. Il venait de rendre un grand service à son pays en trouvant un moyen naturel et facile de détruire à l'avenir, au fur et à mesure de sa formation, un glacier dont les blocs accumulés avaient produit, au moment de leur débâcle, un grand désastre dans le Valais. Le travail que Venetz venait d'opérer sur le glacier de Gétroz, dans la vallée de Bagnes, avait dirigé son attention sur le déplacement des glaciers en général. Je n'oublierai jamais avec quelle conviction il cherchait à nous démontrer que, dans le pays qu'il habitait, il y avait actuellement des glaciers là où jadis il n'y en avait point, et qu'il y en avait eu de très-considérables là où maintenant il n'en existe plus. C'était un horizon tout nouveau ouvert aux géologues, qui n'accueillirent d'abord

qu'avec une extrême défiance une idée qui leur semblait fort chimérique. Venetz ne se laissa point décourager par les objections, et en 1821, il lisait à notre Société un mémoire qui ne fut imprimé qu'en 1833, et dans lequel, à la suite de nombreuses et persévérantes recherches, il relatait 22 observations constatant la présence de glaciers dans des lieux où il n'y en avait pas eu de tout temps, et 35 observations qui établissaient qu'il y avait eu des glaciers là où maintenant on n'en aperçoit plus.

Un savant géologue dont la Suisse s'honorera toujours, M. de Charpentier, que sa position et son caractère bienveillant avaient rapproché de Venetz, combattit vivement à l'origine, comme contraires à tous les principes de la physique et de la géologie, les idées de son ami, qui, du reste, n'étaient pas nouvelles pour lui. Il raconte en effet que, revenant en 1815 de visiter les beaux glaciers du fond de la vallée de Bagnes et voulant se rendre au Grand Saint-Bernard, il était entré pour y passer la nuit dans le chalet d'un intelligent montagnard, grand chasseur de chamois, nommé Perraudin. La conversation durant la soirée roula sur les particularités de la contrée et principalement sur les glaciers que Perraudin avait souvent parcourus et connaissait fort bien. « Les glaciers de nos montagnes, disait ce dernier, ont eu autrefois une bien plus grande extension qu'aujourd'hui. Toute cette vallée a été occupée par un vaste glacier qui se prolongeait jusqu'à Martigny, comme le prouvent les blocs de roche qu'on trouve dans les environs de cette ville, et qui sont trop gros pour que l'eau ait pu les y amener. » Cette hypothèse parut alors à de Charpentier tellement invraisemblable, qu'il ne la prit pas même en

considération. On comprendra donc facilement l'accueil qu'il fit, au premier abord, à la thèse de Venetz d'un glacier qui aurait jadis occupé non-seulement tout le Valais, mais tout l'espace compris entre les Alpes et le Jura. Si l'hypothèse de Perraudin lui avait paru extraordinaire et invraisemblable, celle de Venetz dut lui sembler folle et extravagante. Et pourtant, après une étude longue et consciencieuse, de Charpentier arriva à admettre la théorie nouvelle qui lui avait d'abord semblé si étrange, et à la regarder comme pouvant seule expliquer une foule de faits observés dans nos vallées, et dont la science n'avait pu jusqu'alors rendre compte que d'une manière très-imparfaite. Il fit connaître, en 1834, à la Société helvétique des sciences naturelles le résultat de ses observations dans un mémoire qui parut en 1835 dans les *Annales des mines*, et publia en 1841 un ouvrage plus complet sur la matière.

Deux ans après la lecture de son premier mémoire, M. de Charpentier recevait à Bex la visite d'un jeune naturaliste connu déjà par des travaux importants, et qui dès lors a fait d'un autre continent son champ d'activité. Agassiz, convaincu que de Charpentier est dans l'erreur, va passer auprès de lui cinq mois consécutifs, se flattant, en étudiant la question sur le même terrain que lui, de le ramener à des idées plus justes. Mais la conversion que Venetz a opérée sur de Charpentier, de Charpentier l'opère à son tour sur Agassiz ; et le jeune néophyte, aussi ardent à défendre les idées de de Charpentier qu'il l'avait été à les combattre, vint faire sa profession de foi la plus explicite dans un discours qu'il prononça en 1837, en sa qualité de président de notre Société réunie à Neuchâtel. Puis plus tard, dans son ouvrage intitulé :

Études sur les glaciers, publié en 1840, il développe plus au long ce sujet qu'il n'avait fait qu'effleurer en 1837. Sans doute, l'idée mère du rôle que les glaciers ont joué dans les phénomènes géologiques, appartient avant tout à Venetz, et il est juste de revendiquer pour de Charpentier la priorité des recherches qui ont établi solidement cette théorie. Mais l'ardeur d'Agassiz, son dévouement scientifique, celui des amis, et en particulier de MM. Desor et Vogt, avec lesquels il alla s'établir sur le glacier de l'Aar, afin d'y prendre en quelque sorte la nature sur le fait, contribuèrent pour une grande part à faire avancer et à populariser la question des glaciers.

En effet, franchissant dès lors les frontières de la Suisse, elle finit, après des luttes assez vives, où figure plus d'un nom illustre en Europe, par acquérir son droit de bourgeoisie dans la science. Il nous paraît irrévocablement acquis maintenant qu'il n'est pas possible d'expliquer autrement que par l'existence de grands glaciers qui ont rempli jadis les vallées, le transport de ces masses rocheuses désignées sous le nom de blocs erratiques, qu'on trouve jusqu'à 1200 et même 1400 mètres de hauteur sur les flancs des montagnes qui bordent les plaines de la Suisse. Ces masses boueuses, remplies de cailloux striés qui ont jusqu'à 30 mètres d'épaisseur, et ces entassements prodigieux de graviers stratifiés et roulés, s'expliquent aussi très-facilement dans la supposition d'une ancienne extension des glaciers ; car ce ne sont plus que des phénomènes analogues, seulement ayant eu lieu sur une plus grande échelle, à ceux que produisent de nos jours les glaciers actuels. N'en peut-on pas dire autant des stries qu'on observe sur des roches que ces glaciers n'ont pu atteindre, et des traces nombreuses de

moraines, qui existent dans des vallées comme celle du Rhône, à de grandes distances de ces mêmes glaciers ? Ces effets n'accusent-ils pas aussi la présence momentanée d'anciens glaciers qui les ont produits, et qui ont maintenant disparu ?

Mais si, au point de vue géologique, on est conduit à admettre qu'il y a eu une extension considérable des glaciers à une époque déjà reculée, on peut se demander si cette extension est compatible avec les conditions climatériques de notre globe. Pour répondre à cette question, il faut avant tout savoir ce que c'est qu'un glacier et comment il se forme, c'est-à-dire aborder ce que j'ai appelé la face physique de la question.

Vous savez, Messieurs, que les notions qui semblent les plus simples quand l'esprit s'y est accoutumé, sont souvent celles qui soulèvent le plus d'objections quand on cherche à les établir pour la première fois. Ainsi on fut longtemps avant de voir dans les glaciers de nos Alpes autre chose que des amas de glace où les plus grands fleuves de l'Europe prennent leur source. Ce ne fut pas sans soulever bien des contradictions que les savants, qui les premiers explorèrent nos montagnes, établirent que les glaciers se meuvent d'un mouvement lent, mais continu, entraînant à leur surface les blocs qui y tombent des sommités voisines, et qui devinrent les premiers jalons pour observer ce mouvement même. L'étude de ce mouvement, de la manière dont il varie d'une saison à l'autre, d'un glacier à l'autre, et aussi d'un point à l'autre d'un même glacier, tel fut l'objet des travaux des nombreux et illustres savants qui s'engagèrent dans la voie ouverte par de Saussure ; travaux qui ont fini par aboutir à une théorie qui n'est devenue complétement satisfaisante que très-récemment.

Un glacier est un fleuve, c'est-à-dire qu'il contribue pour sa part au mouvement de l'élément le plus important de la surface de la terre, à savoir de l'eau. Ce mouvement, cette circulation perpétuelle sans laquelle les continents se dessécheraient et la vie disparaîtrait de la terre, a pour origine la chaleur qui élève les vapeurs de l'Océan, et pour force motrice la pesanteur qui fait retomber ces vapeurs, une fois condensées, sur la surface de l'écorce terrestre pour les ramener de là dans le réservoir d'où elles sont sorties. Mais dans les hautes et froides régions de l'atmosphère, les vapeurs passent immédiatement de l'état gazeux à l'état solide, et conservent cet état quand les couches d'air que traverse la neige et le sol sur lequel elle tombe, ont une température suffisamment basse. Or, l'eau à l'état solide n'obéit pas, comme à l'état liquide, à la pesanteur en reprenant immédiatement son niveau. Elle s'accumule comme le ferait tout autre corps solide, et il semble que l'eau qui s'est ainsi condensée sous forme de neige ou de glace, est destinée à rester à jamais sous cette forme, et que c'est autant de perdu pour la circulation. Il n'en est rien cependant, et ce sont les glaciers qui ont pour fonction de rendre à l'Océan ces particules d'eau qui, pour en être restées éloignées plus longtemps, ne reviennent pas moins s'y engloutir un jour.

Mais si un glacier est un fleuve, c'est un fleuve dont le courant est d'une lenteur extraordinaire. Vous savez, Messieurs, que lorsqu'on plante un jalon sur un glacier, on le retrouve après une année plus bas d'environ 150 à 300 pieds, selon qu'il a été planté plus près des bords et plus près de la ligne médiane. La rapidité du mouvement dépend, comme on pouvait s'y attendre, de la profon-

deur du glacier et de l'inclinaison de son lit ; car, de même qu'un fleuve, le glacier en se resserrant coule avec plus de vitesse, et se ralentit au contraire en s'élargissant. Il faut, en effet, que l'augmentation de la vitesse supplée à la diminution de la section pour que la masse écoulée soit la même sur tout le parcours du glacier comme sur celui du fleuve. Du reste, entre l'écoulement de l'eau et celui de la glace, l'analogie, on peut dire l'identité, est complète : même augmentation de rapidité lorsque le lit se rétrécit, même diminution quand il s'élargit, même accroissement de vitesse quand on s'approche de la ligne médiane, même décroissement de vitesse quand on considère des couches de plus en plus profondes et par conséquent plus rapprochées du sol sur lequel le frottement s'opère. Ainsi, non-seulement il y a pour un glacier une ligne de plus grande vitesse, située comme dans un fleuve à la surface et au milieu, mais cette ligne subit comme celle du fleuve des inflexions qui la rapprochent toujours du bord concave du glacier quand celui-ci décrit une courbe. Et de même encore qu'en tournant un obstacle, l'eau d'un fleuve forme un remous et s'élève à quelque distance de l'obstacle au-dessus de son niveau, la glace s'entasse en entourant de loin les pointes de rochers qui entravent quelquefois le cours des glaciers.

Ainsi, on peut le dire, la glace coule dans un glacier, mais avec quelle lenteur surprenante ! On ne trouverait pas dans la nature un autre exemple d'un mouvement aussi lent parmi ceux qui sont dus à l'action directe de la pesanteur, ni aucune substance solide autre que la glace qui pût s'y prêter. Les courants de boue ou de lave, quoique lents, ne sont pas comparables, sous ce

glace, quelquefois pure et transparente, d'autres fo opaque, blanchâtre et pleine de bulles d'air. La surfa même du glacier est couverte de pics de glaces hériss entre lesquels se trouvent de profondes crevasses ; u surface unie est l'exception; elle ne se présente guè que dans la partie médiane d'un glacier dont le lit gar une inclinaison uniforme. Partout ailleurs, soit sur l bords d'un glacier qui chemine dans une vallée dont pente est régulière, soit aussi dans la partie centrale d'ı glacier qui passe par-dessus une arête ou dont le lit pr sente deux plans successifs, l'un plus incliné que l'autr la surface glacée est entrecoupée de fissures dont la (rection peut paraître variable au premier coup d'œil, m obéit cependant à des lois régulières. En effet, les creva ses *marginales*, c'est-à-dire celles qui sont sur les bord ont une direction qui les fait remonter vers l'origine (glacier en faisant un angle d'environ 45° avec le bord h même, et les crevasses *médianes*, c'est-à-dire celles de partie centrale, sont perpendiculaires à l'axe même (glacier. Lorsqu'il arrive que des crevasses d'espèc différentes se rejoignent, il en résulte de grandes co bes découpées dans le glacier, qui tournent toutes le convexité vers le haut de la vallée et sembleraient i diquer que le glacier remonte vers sa source.

Si je voulais faire une description complète d'un g cier, je devrais vous parler des moraines qui l'acco pagnent, des bandes de boues qui se distribuent sur surface en courbes régulières, des puits qui s'y form et où se précipitent des ruisseaux entiers ; mais tous (détails nous mèneraient trop loin. Je me bornerait à a rer encore votre attention sur un point important, structure même de la glace. La glace présente une *str*

ture veinée, et c'est dans la partie du glacier qui se trouve à égale distance de son sommet et de ses bords que cette structure est la mieux caractérisée. Elle consiste en ce que dans la masse générale, qui est blanchâtre et remplie de bulles d'air provenant de la neige des névés, on distingue des lames de glace plus bleues et d'où ces bulles ont disparu. Quoique cette structure n'apparaisse pas partout avec la même netteté et ne se montre dans toute sa beauté que contre les parois des crevasses, on peut dire qu'elle n'en constitue pas moins un phénomène général. Car c'est à cette structure veinée qu'il faut attribuer certaines apparences, telles que l'inégalité de fonte du glacier sous l'influence des agents atmosphériques et des rayons solaires, qui produit des stries dans lesquelles se logent le sable et la boue que charrient les eaux à la surface de la glace.

Tel est, Messieurs, dans son ensemble le phénomène des glaciers; il reste maintenant à l'expliquer, et pour cela à consulter l'observation pour en tirer ce qui constitue le caractère fondamental du phénomène. Or, l'observation nous apprend que la force motrice est la pesanteur, et que cette force agit sur un sorps solide, qui est la glace, pour lui donner un mouvement lent et continu. Que conclure de là? Que la glace est un corps solide, qui jouit de la propriété de s'écouler comme un corps visqueux; conclusion qui nous paraît bien simple, et qui pourtant n'a été énoncée pour la première fois, qu'il y a vingt-cinq ans à peine, par un des savants les plus distingués de l'Écosse, M. James Forbes. Cette théorie, car c'en est bien une véritablement, pose en principe, en se basant sur des faits incontestables aussi nombreux que bien observés, que la glace jouit des propriétés ca-

ractéristiques qui appartiennent aux corps plastiques. Quoiqu'il ne l'ait pas démontré directement, M. Forbes n'en a pas moins eu le grand mérite de poser la plasticité de la glace comme nécessaire, avant que Faraday, en découvrant le phénomène du regel, eût permis à Tyndall de prouver que cette plasticité est réelle, du moins partiellement.

L'expérience de Faraday est classique dans le sujet qui nous occupe. Elle consiste, vous le savez, en ce que si l'on met en contact dans de l'eau, même au besoin un peu chaude, deux morceaux de glace, ils se soudent l'un à l'autre de manière à n'en former plus qu'un seul. Tyndall saisit bien vite l'application de l'expérience de Faraday à la théorie des glaciers. Il comprit que puisque la glace peut se ressouder à elle-même, on pourra la briser, puis, la mettant dans un moule, comprimer la masse, et lui faire prendre la forme de la cavité qui la contient. Un moule en bois renferme une cavité sphérique; on y met des fragments de glace, on presse, et on obtient une sphère de glace; cette sphère est placée dans un second moule, à cavité lenticulaire; on la transforme par la pression en lentille; on peut ainsi donner à la glace n'importe quelle forme.

Telle est la découverte de Tyndall; on peut bien l'appeler ainsi, surtout en vue de ses conséquences, car tous ces moules agrandis vont devenir les bords de la vallée dans laquelle s'écoule un glacier, et la pression de la presse hydraulique qui a servi aux expériences du laboratoire, va être remplacée par le poids des masses de neige et de glace accumulées sur les sommets et exerçant leur pression sur la glace qui descend dans la vallée. En effet, supposons que, entre le moule sphérique et le moule

lenticulaire, on ait une série de moules différant très-peu chacun de celui qui le précède et de celui qui le suit, et qu'on fasse passer une masse de glace successivement par tous ces moules, le phénomène deviendra continu; et au lieu de briser la glace, on la fera passer, par degrés insensibles, de la forme sphérique à la forme lenticulaire; la glace sera ainsi devenue aussi plastique que pourrait l'être de la cire molle. Mais la glace n'est plastique que sous la *pression*, elle ne l'est pas sous la *tension*, et c'est là le point important que la théorie vague de la plasticité ne pouvait pas préciser. Tandis qu'un corps visqueux, tel que le bitume ou le miel, s'étire en filaments sous l'action d'une tension, la glace, au contraire, loin de s'allonger, se brise comme du verre sous cette action.

Ces points bien établis par Tyndall, il lui devenait facile d'expliquer le mécanisme du mouvement des glaciers et de montrer, en s'aidant des travaux d'un géomètre anglais, M. Hopkins, comment la direction des crevasses d'un glacier est la conséquence nécessaire de son mouvement. Imaginons une ligne perpendiculaire au bord d'un glacier et qui en joint deux points, un point situé sur le bord même, et un autre à une certaine distance de ce bord, mais pas très-grande; suivons maintenant ces deux points dans leur mouvement lorsque le glacier s'avance. Nous avons dit que la vitesse d'écoulement augmente à mesure qu'on va du bord vers le milieu du glacier, de sorte que, au bout d'un certain temps, le point situé à une certaine distance du bord aura descendu plus bas que le point situé sur le bord même; par conséquent, la ligne qui joint ces deux points sera devenue plus longue, et si c'est une corde extensible, cette corde se sera allongée. Mais en réalité, les deux

points sont joints l'un à l'autre par la glace qui est éminemment inextensible ; en conséquence, la corde hypothétique, au lieu de s'allonger, se brisera, et il se formera une crevasse. La direction de cette crevasse devra être perpendiculaire à celle de la tension, qui est elle-même dirigée suivant la ligne qui joint les deux points ; elle sera par conséquent inclinée d'un angle de 45° environ vers le haut.

Si des bords du glacier nous passons à la partie centrale, nous trouvons que la vitesse d'écoulement y étant sensiblement constante, les masses glacées conservent leur position relative, et les crevasses deviennent plus rares. Mais lorsque la glace, après avoir cheminé sur un plan d'une certaine inclinaison, arrive sur un plan qui est plus incliné que le précédent, la pression reste bien la même sur le fond, tandis que la surface, cédant à l'action de la tension croissante, s'ouvre comme les plis d'un éventail. Il en résulte l'une de ces cascades de glace comme on en voit dans la plupart des glaciers ; et lorsque le phénomène est moins prononcé, l'arête qui sépare les deux plans donne naissance à une série de grandes crevasses transversales et médianes.

Nous avons vu que la pression force les fragments de glace qu'elle met en contact, à se souder les uns aux autres ; elle transforme de même en glace compacte la neige qui n'est qu'un amas de particules glacées. L'expérience en a été faite par Tyndall, qui a donné à la neige, sous l'action de la pression, les divers degrés de compacité qu'on observe dans la masse d'un glacier, quand on descend du névé vers sa base. Mais peut-on expliquer de même la structure veinée dont nous avons parlé et qu'il ne faut point confondre avec la stratification? La

stratification, en effet, qu'on observe surtout près de l'origine du glacier, provient uniquement de la superposition des couches annuelles de neige, et donne lieu à des bandes horizontales lorsque la masse glacée n'a pas subi de dislocations dans sa marche. Ce qui montre qu'elle est tout autre chose que la structure veinée, c'est qu'elle existe simultanément avec elle dans les mêmes masses, seulement dans des directions différentes. En analysant les cas où l'on trouve cette structure, on arrive à reconnaître qu'elle ne se rencontre que lorsqu'il y a une pression beaucoup plus considérable dans un certain sens que dans les autres; on constate de plus que le plan des lames de glace bleue est perpendiculaire à la direction de la pression la plus forte. C'est donc bien à la pression qu'il faut attribuer la structure veinée, et, en preuve de cette explication, Tyndall a montré qu'en soumettant un prisme de glace à des pressions très-considérables, on voit se former dans l'intérieur de la masse des surfaces translucides perpendiculaires à la direction de la pression. Le même phénomène doit donc avoir lieu dans les glaciers sous la pression énorme qui agit surtout en certains points de la masse pour la faire mouvoir, et lui donner cette plasticité apparente qui n'est qu'une suite de brisures et de regels. Des lames d'eau se forment dans cette opération, l'air des globules qui se trouvent dans cette partie de la masse est expulsé, puis, quand la pression diminue par le fait de l'écoulement d'une partie de l'eau, la portion qui reste forme par le regel les lames de glace bleue. Certainement cette explication rend compte d'une manière satisfaisante de l'existence des veines, de leur direction par rapport à l'axe de pression maximum, et de leur position dans la masse du

glacier. Mais peut-être y a-t-il encore quelque chose d'inexpliqué dans le fait même de la formation de ces lames de glace bleue, et surtout de leur discontinuité qui est le caractère essentiel de ce phénomène.

Nous en avons dit assez pour faire comprendre que, malgré encore quelques légères difficultés de détail, la théorie physique des glaciers, telle qu'elle résulte des nombreux et importants travaux que nous venons de rappeler, peut être regardée comme complétement satisfaisante. C'est un service signalé que les géologues ont rendu aux physiciens, que de ramener leur attention sur un phénomène que ceux-ci se contentaient d'admirer comme tout le monde, sans chercher à l'expliquer, et que de les obliger à l'analyser et à en faire la théorie. Mais les géologues demandent plus aux physiciens : ils leur demandent d'expliquer comment il a pu se faire qu'à une certaine époque ces mêmes glaciers, si restreints maintenant, aient eu une extension énorme et aient recouvert une grande partie de la surface de la terre. Quoique le physicien ait le droit de se retrancher dans une fin de non recevoir, son mandat étant d'expliquer, s'il le peut, et c'est déjà beaucoup, ce qui est, et non pas ce qui a pu être, cependant il ne peut méconnaître que la question qu'on lui adresse est plus ou moins de son ressort, puisqu'elle est intimement liée à la théorie qu'il donne des glaciers actuels.

Un glacier est un fleuve de glace, dit-il, mais il ajoute que ce fleuve s'alimente par les neiges qui tombent sur les sommités où il prend naissance, et qu'il se termine en eau par l'effet de la fusion qu'il éprouve le long de son cours en arrivant dans les vallées. Son étendue doit donc dépendre du rapport qui existe entre son alimenta-

tion et sa fusion; mais cette alimentation et cette fusion sont rarement égales; c'est ce qui fait que les glaciers tantôt avancent, tantôt reculent. Or la question est de savoir si, à une certaine époque, l'alimentation a pu surpasser la fusion dans un rapport assez considérable pour produire la grande extension dont nous avons parlé. A l'époque actuelle, ce n'est point à un changement dans la température moyenne du globe que les oscillations des glaciers doivent être attribuées, mais uniquement à la plus ou moins grande quantité de précipitations aqueuses qui ont lieu dans l'année. Ces précipitations se faisant sous forme de neige sur les hautes montagnes, ont le double effet, d'une part d'alimenter les glaciers, et d'autre part d'en diminuer la fusion en refroidissant l'atmosphère jusqu'au fond des vallées où ils aboutissent. Il en résulte que plus elles sont abondantes plus les glaciers avancent, et que lorsqu'elles viennent à diminuer les glaciers reculent. Ainsi, la génération à laquelle j'appartiens a pu voir qu'il a suffi de quelques étés pluvieux alternant avec des hivers abondants en neige, pour déterminer en 1818 un accroissement des glaciers tellement prodigieux, que les habitants de certaines vallées en étaient venus à craindre l'envahissement par les glaces de leurs demeures et de leurs champs. La série d'années comparativement sèches que nous venons de parcourir a, par contre, fait reculer les glaciers autant et plus qu'ils n'avaient jamais avancé. Ne peut-on pas conclure de ces oscillations remarquables dont nous sommes témoins, la possibilité physique d'une extension ancienne des glaciers telle que les géologues ont été conduits à l'admettre, sans être obligé de recourir à un changement dans la température climatérique?

Au lieu de trois ou quatre années humides consécutiv
comme celles qui ont précédé 1818, qu'on en suppo
quelques centaines, sans même avoir besoin d'aller ju
qu'à mille, et il sera facile de prouver par un simple c
cul, l'existence de glaciers aussi étendus que ceux qu'e
gent les besoins de la géologie.

Reportons-nous maintenant à l'époque du dernier
taclysme qui a accidenté la surface de notre hémisph
boréal; l'atmosphère était alors chargée d'abondan
vapeurs aqueuses, et ces vapeurs, dès que de hau
montagnes ont paru, se sont naturellement précipitées
neige sur leurs sommets. De là la prodigieuse extensi
des glaciers qui a produit ce que les géologues appell
la période glaciaire. Mais cette période a elle-même g
duellement disparu par suite d'une diminution dans l'h
midité générale de l'atmosphère; et les glaciers actu
ne sont plus que les restes modestes de ces grands g
ciers dont l'existence est attestée par les traces qu
ont laissées, et par les oscillations mêmes de ceux qui
survécu.

Il ne reste donc plus qu'à expliquer pourquoi, à
suite des derniers soulèvements qui ont augmenté no
blement la proportion de terre ferme sur la surface
globe, la quantité de vapeurs aqueuses répandues da
l'atmosphère a dû nécessairement éprouver une dimi
tion lente et graduelle, il est vrai, mais en même tem
très-prononcée. Plusieurs causes ont concouru à p
duire ce résultat, et sans entrer dans beaucoup de déta
nous pouvons indiquer dans le nombre les changeme
de configuration de la surface de la terre qui, en div
lieux, ont eu pour effet de remplacer l'eau par la te
ferme; tels, par exemple, que le soulèvement d'u

partie de l'Afrique qui a converti en un désert aride d'où provient un vent chaud et sec, une mer d'où partait un vent chaud également, mais très-humide. Nous pouvons également faire entrer en ligne de compte la naissance et le prodigieux développement de la végétation sur les terrains récemment soulevés, qui a nécessairement absorbé, sans la rendre à l'atmosphère, une proportion d'eau énorme. Si l'on songe que le bois, même à l'état sec, renferme les éléments de l'eau en quantité telle qu'ils constituent environ la moitié de son poids, on peut se représenter l'absorption considérable d'eau que dut opérer la végétation, lorsqu'au bout d'un certain temps les forêts eurent commencé à recouvrir la surface du sol. On a été jusqu'à attribuer cette diminution de l'humidité à un abaissement de la température des mers tropicales, et même à un léger affaiblissement de la chaleur solaire, circonstances de nature à diminuer l'évaporation des mers, et par conséquent la quantité de vapeurs répandues dans l'atmosphère. Loin donc de regarder la période glaciaire comme due à une température moyenne du globe, plus basse que la température actuelle, plusieurs physiciens seraient, on le voit, plutôt disposés à l'attribuer à une température moyenne plus élevée qui aurait déterminé la présence dans l'atmosphère d'une plus grande proportion de vapeur aqueuse; opinion qui serait beaucoup plus conforme à toutes les données de la science sur l'état ancien du globe. Je suis toutefois disposé à croire qu'il n'est point absolument nécessaire de recourir à des influences de ce genre, pour expliquer l'existence d'une période glaciaire consécutive à l'apparition sur notre terre des plus hautes montagnes. Humidité considérable de l'atmosphère, apparition de hautes

montagnes recevant sous forme de neige les précipitations aqueuses provenant de cette humidité; telles sont, suivant moi, les conditions qui ont suffi pour déterminer la présence momentanée de ces grands glaciers qui ont sillonné jadis la surface de notre terre.

Messieurs,

Il y a cinquante ans que notre Société a été fondée; il y a cinquante ans que, par une coïncidence assez curieuse, avait lieu la conversation que j'ai rapportée de Perraudin avec de Charpentier, conversation dans laquelle fut soulevée pour la première fois la question des glaciers en géologie. Pouvais-je donc mieux inaugurer cette session dans laquelle nous célébrons le cinquantième anniversaire de notre Société, qu'en vous entretenant d'une question qui est née en quelque sorte avec la Société et qui, avec elle et comme elle, a fait son chemin dans le monde. Puis, l'avouerai-je, je me suis laissé séduire par un sujet qui, me sortant quelques instants de l'enceinte du laboratoire, me mettait en face de cette belle nature et de ces scènes majestueuses qui élèvent l'âme et la rafraîchissent par les souvenirs de jeunesse qu'elles réveillent, et au milieu desquelles l'on aime à se reporter par l'imagination quand l'âge est venu qui en interdit l'accès. Vous me pardonnerez, Messieurs, en faveur de cette dernière considération, les développements auxquels je me suis laissé entraîner. Mais, maintenant j'ai fini, et il ne me reste plus qu'à déclarer ouverte la 49me session de la Société helvétique des sciences naturelles.

BULLETIN SCIENTIFIQUE.

MINÉRALOGIE. GÉOLOGIE.

DELESSE et LAUGEL. REVUE DE GÉOLOGIE POUR LES ANNÉES 1862 ET 1863. Tome III, 8°. Paris, 1865.

Nous avons déjà annoncé[1] aux lecteurs des *Archives* le second volume de cette utile publication. MM. Delesse et Laugel ont continué à se tenir au niveau de la tâche ingrate et difficile qu'ils se sont imposée ; ils ont apporté tous les soins désirables pour que ce recueil soit aussi complet que possible, et pour que l'analyse des mémoires soit à la fois succincte, fidèle et méthodique.

Ainsi que ces deux géologues distingués le disent avec raison dans leur préface, ce volume est en progrès sur les deux précédents, et son intérêt est encore augmenté par l'analyse de diverses observations géologiques inédites, en particulier de celles de plusieurs ingénieurs sur les mines de combustible et surtout sur les gîtes métallifères. M. Delesse y a également inséré quelques recherches nouvelles sur les roches.

Un ouvrage de cette nature n'est pas susceptible d'analyse ; nous nous bornerons donc à indiquer les principales divisions qui continuent le plan adopté dans le 2e volume. La première partie contient, sous le titre de *Préliminaires*, une analyse des ouvrages généraux de géologie, des reliefs et des cartes géologiques, et elle contient de nombreux détails sur les *Phénomènes actuels*. La deuxième partie s'occupe plus spécialement des *Roches* et de la

[1] *Bibliothèque universelle*, *Archives*, nouvelle série, tome XVIII, p. 288, novembre 1863.

Géogénie. La troisième réunit les documents relatifs aux *Terrains* stratifiés et à leurs faunes, comprenant ainsi la *Paléontologie*. La quatrième enfin est consacrée à l'analyse des descriptions géologiques locales, et elle est naturellement subdivisée dans un ordre géographique.

Nous recommandons en toute confiance ce livre aux géologues et aux paléontologistes, car il leur économisera beaucoup de temps, s'ils veulent se tenir au courant des progrès de la science. Nous ne pouvons, en terminant, que renouveler nos vœux pour sa continuation, et témoigner, pour notre part, notre reconnaissance à ses auteurs.

ZOOLOGIE, ANATOMIE ET PALÉONTOLOGIE.

Prof. VICTOR HENSEN. UEBER DAS AUGE.... SUR L'ŒIL DE QUELQUES CÉPHALOPODES. (*Zeitschr. f. wiss. Zoologie*, XV, 1861, p. 153-242, avec 10 planches.)

L'œil des Céphalopodes, bien qu'il ait fait l'objet de recherches multipliées et scrupuleuses, est loin d'être suffisamment connu. Cela est si vrai qu'il n'est guère facile d'établir ses homologies avec l'œil des vertébrés. Les limites de l'œil proprement dit chez les Céphalopodes peuvent, en effet, comme le remarque M. Hensen, être comprises de deux manières bien différentes: Un ganglion nerveux d'un volume considérable est enveloppé par une partie des membranes de l'œil. Le considère-t-on comme faisant partie de l'œil, on ne peut ramener celui-ci au type des vertébrés que par l'hypothèse suivante : Il faut supposer que dans l'œil du vertébré le nerf optique se renfle en un gros ganglion immédiatement derrière la choroïde. Par suite, la sclérotique, entraînant avec elle la cornée, se dilate et finit par se détacher entièrement de la choroïde pour s'appliquer contre la paroi de l'orbite et se souder à elle. Le bulbe, limité par la choroïde et l'iris, se trouve donc suspendu dans un espace qu'on pourrait comparer à la chambre

antérieure de l'œil, très-développée en arrière, tout autour du bulbe. Toutefois cette comparaison ne saurait être poussée à l'extrême sans se heurter à des contradictions insurmontables. C'est ainsi que les muscles moteurs du bulbe, au lieu d'être placés à l'extérieur de la sclérotique, sont fixés d'une part à l'intérieur de la sclérotique et d'autre part à la choroïde. La choroïde est en outre de structure fort complexe, dure et peu vasculaire, et mérite par conséquent peu son nom.

Mais si nous comparons le bulbe *seul* des Céphalopodes à l'œil du vertébré, nous rencontrons des difficultés tout aussi graves. La cornée fait alors défaut, et pourtant il existe en avant du cristallin une membrane diaphane qui en remplit les fonctions et qui en présente, jusqu'à un certain point, la structure. En outre, la choroïde manque ; car si l'on voulait paralléliser avec elle les tuniques argentées, à cause de leur nature vasculaire, on verrait se dresser un obstacle morphologique insurmontable, à savoir l'existence d'une membrane cartilagineuse (sclérotique?) entre cette prétendue choroïde et la rétine.

On le voit, toutes ces difficultés anatomiques, en dépit d'analogies incontestables, ont le droit de stimuler l'ardeur des naturalistes et le superbe travail de M. Hensen est digne d'attirer l'attention. Il n'a point réussi, il est vrai, à montrer que l'une de ces deux manières d'envisager l'œil des Céphalopodes soit beaucoup plus légitime que l'autre. Mais peut-être ne sont-elles légitimes ni l'une ni l'autre et ne réussira-t-on jamais à établir d'homologies complètes entre les yeux des mollusques et les yeux des vertébrés. Les uns et les autres, en tant qu'organes servant à la perception d'images, doivent être nécessairement des chambres obscures, et cette circonstance entraîne forcément une certaine communauté d'organisation entre eux, sans qu'ils soient construits sur un plan identique. Mais étouffons pour le moment ce doute afin de rendre compte impartialement des recherches et des vues de M. Hensen.

La capsule de l'œil, que nous avons comparée plus haut à une sclérotique dilatée et soudée à l'orbite, offre en réalité une struc-

ture plus complexe. A partir du bord orbital elle se divise en deux lamelles, dont l'interne s'attache à l'équateur du bulbe pour aller recouvrir toute la surface antérieure de celui-ci, tandis que l'externe seule forme la capsule proprement dite. La première peut donc être appelée lame viscérale, la seconde lame pariétale. La lame pariétale est formée simplement d'une membrane musculaire revêtue en dedans d'un épithélium pavimenteux ; en dehors elle touche au tissu connectif sous-cutané. La partie de cette lame opposée au cristallin devient transparente et remplit les fonctions de cornée. Sur le pourtour de cette place transparente, la peau s'élève à une ou plusieurs places en manière de replis palpébraux. On sait qu'il existe sous ces paupières, au moins chez beaucoup de Céphalopodes acétabulifères, une ouverture donnant à l'eau de mer accès dans la capsule. Depuis Cuvier, la plupart des auteurs ont complétement dénié aux Céphalopodes toute espèce de cornée. Pour eux l'épithélium qui tapisse l'intérieur de la capsule est la conjonctive. M. Hensen combat cette opinion. Il trouve en effet à la place transparente une structure rappelant celle de la cornée des vertébrés. D'ailleurs, remarque-t-il, si la conjonctive pénétrait dans l'intérieur de la capsule, elle devrait revêtir non-seulement la face antérieure de l'iris, mais encore tout l'espace comparable à la chambre postérieure de l'œil des vertébrés, en particulier la face antérieure du cristallin. Or jamais conjonctive n'offrit de disposition semblable.

La lame viscérale de la capsule est formée de la tunique argentée externe et d'une membrane musculaire, développée surtout en arrière. La première de ces membranes, examinée par tous les observateurs depuis Swammerdam, doit son éclat, selon M. Hensen, à une multitude de petites plaques homogènes, incolores et irrégulièrement courbées. Soit la minceur de ces plaques, soit leur mode de courbure et de superposition, président à la réflexion métallique de la lumière. Heinrich Müller considérait ces plaques comme des cellules modifiées. Mais cette opinion ne paraît pas suffisamment fondée.

Les membranes du bulbe sont la tunique argentée interne, tout à fait semblable à l'externe, la membrane cartilagineuse et enfin la rétine. L'iris même a sa couche de cartilage comme le reste du bulbe, cependant ce cartilage est distinct. C'est un anneau résistant servant de point d'attache aux fibres musculaires de l'iris. Il existe aussi à l'équateur du bulbe un anneau cartilagineux distinct de la capsule cartilagineuse du fond de l'œil. La structure de ce cartilage équatorial est fort remarquable. Les grandes cellules non étoilées qui le composent sont cimentées les unes aux autres par une substance intercellulaire peu abondante, susceptible de se dissoudre dans une solution aqueuse de 32 °/₀ de potasse caustique. Un fort grossissement permet alors de reconnaître que la paroi de ces cellules est criblée d'une multitude de petits pores. C'est le premier exemple de cellules poreuses dans les cartilages, similitude peu désirée de quelques-uns peut-être entre la cellule animale et la cellule végétale. La capsule cartilagineuse du fond de l'œil offre une structure différente. Elle présente un tissu identique à celui du cartilage de l'orbite. Cette capsule est percée, comme l'on sait, d'un grand nombre d'ouvertures pour le passage des branches nerveuses naissant du ganglion optique.

Les rapports de l'enveloppe cartilagineuse et des muscles sont fort curieux chez les Céphalopodes, et ne permettent point les mouvements si connus de l'œil des vertébrés. La position du bulbe, relativement au ganglion, est telle que ce bulbe ne peut guère se mouvoir. En outre, le cristallin est solidement lié au cartilage équatorial à l'aide d'un corps ciliaire. Le principal muscle de l'œil s'attache à la partie antérieure de ce cartilage annulaire et fait dévier par sa contraction l'axe optique en avant. Or précisément à la place correspondante, la tunique cartilagineuse du bulbe s'amincit beaucoup, ou disparaît même complétement, de sorte que si la tension intraoculaire n'est pas très-forte, le cristallin seul avec le cartilage équatorial se déplace vers l'avant de l'animal, tandis que la tunique cartilagineuse se plisse et que la

masse du bulbe reste immobile. Le cristallin se déplacerait donc horizontalement devant la rétine. A l'appui de cette théorie si inattendue, M. Hensen relève l'existence d'une tache jaune de la rétine, non pas centrale, mais latérale, de telle sorte que les rayons ne peuvent tomber sur elle qu'à la condition d'un déplacement du cristallin vers l'avant de l'animal. Quelque ingénieuse que soit cette théorie, elle ne pourra trouver de crédit que si elle est confirmée par des observations sur le jeu des muscles de l'œil chez les Céphalopodes vivants. Espérons qu'elle provoquera ces observations.

Chacun sait que le cristallin des Céphalopodes est composé de deux moitiés distinctes, placées l'une derrière l'autre comme deux lentilles combinées : dans le sillon qui les sépare sur tout le pourtour vient s'insérer le corps ciliaire. Cette disposition si singulière a provoqué de nombreuses recherches. M. Hensen confirme en particulier les résultats obtenus par Huschke et par Heinrich Müller, tout en les étendant.

Le corps ciliaire est formé de deux moitiés comme le cristallin lui-même. Chacune d'elles se compose d'une membrane de tissu connectif formant le ligament proprement dit du cristallin et pénétrant par conséquent jusqu'au fond du sillon qui sépare les deux moitiés du cristallin. La membrane est recouverte d'une couche de cellules, morphologiquement comparables à des cellules épithéliales, mais bien différentes d'un épithélium dans leur apparence. La plupart sont en effet piriformes, reposant sur la membrane par leur extrémité large. L'autre extrémité se prolonge en un processus fibrillaire fort long, qui donne au premier abord au corps ciliaire une apparence fibreuse. Toutes ces fibres tendent vers la surface qu'un petit nombre seulement finissent par atteindre. Là leur extrémité s'élargit en une palette aplatie, et toutes ces petites palettes juxtaposées forment une espèce de pseudo-épithélium. La surface se trouve donc très-efficacement protégée par un épithélium, bien que n'en possédant à proprement parler aucun. Les autres fibres, c'est-à-dire

celles qui n'atteignent pas la surface du corps ciliaire, se prolongent jusqu'au cristallin. Celles de la partie antérieure du corps ciliaire passent au cristallin antérieur, celles de la partie postérieure au cristallin postérieur. Le cristallin dans son entier est formé uniquement par le prolongement de ces fibres qui se réunissent pour former de larges lames homogènes. C'est là une disposition et une structure bien différentes de ce qu'on observe chez les vertébrés. Aussi M. Hensen voudrait-il échanger chez les Céphalopodes le nom de *corps ciliaire* contre celui de *corps épithélial*.

Passons enfin à la partie essentielle de l'œil, la rétine. On sait que dans cette membrane nerveuse les éléments se succèdent dans un ordre inverse de celui que présentent tous les vertébrés. Le pigment et la couche de bâtonnets forment la surface *interne* de la rétine, tandis que les fibres nerveuses en forment la couche *externe*. Aussi l'œil des Céphalopodes est-il dépourvu de papille du nerf optique. La couche de bâtonnets étant fortement imprégnée de pigment, on l'a considérée autrefois comme une simple membrane pigmentaire. Il devenait par suite impossible de comprendre comment la lumière pouvait agir sur les éléments nerveux au travers de cet écran. Treviranus fut le premier à reconnaître que des bâtonnets nerveux étaient dissimulés entre les granules du pigment. A proprement parler, leur observation est simplement rendue difficile par le pigment, mais ils ne sont pas noyés dans la matière colorante, puisque, d'après M. Hensen, le pigment serait contenu dans leur intérieur [1]. Il est impossible, sans le secours de figures, d'analyser d'une manière suffisante la structure extraordinaire-

[1] A l'intérieur du moins des bâtonnets, dans le sens donné jusqu'ici à ce mot. Toutefois ces organes, qui n'ont point la forme de cylindre, mais celle de bandelettes aplaties, ont eux-mêmes, d'après M. Hensen, une structure complexe. Ils seraient formés chacun par deux bandelettes comprenant entre elles une couche de pigment. Le pigment serait donc bien compris entre les derniers éléments nerveux, et la rétine des Céphalopodes rappellerait celle des yeux composés des crustacés.

ment complexe de cette rétine étudiée avec tant de soin par M. Hensen. Nous relèverons seulement ici un détail auquel l'auteur accorde une grande importance théorique.

M. Hensen pense avoir pu s'assurer que chaque bâtonnet est relié au moins à deux fibres nerveuses différentes. Ce serait là, selon lui, un premier pas dans la connaissance du mécanisme anatomique de la perception des couleurs. Il accepte, en effet, l'hypothèse de Young, patronée récemment par M. Helmholtz, d'après laquelle il existerait chez l'œil humain normal au moins trois sortes de terminaisons nerveuses pour la perception des couleurs, et dans l'œil des daltoniens, privés de la perception du rouge, au moins deux. Il n'y a rien d'invraisemblable à admettre au moins ce dernier cas pour les Céphalopodes. Or, supposé que les rayons verts produisent dans un bâtonnet des modifications autres que les rayons violets, par exemple, il se pourra que l'une des fibres nerveuses unies à ce bâtonnet conduise ces modifications plus énergiquement que l'autre et inversement. Voilà donc une condition anatomique de différences dans la perception des couleurs toute trouvée. Il est clair malheureusement que cette ingénieuse hypothèse est condamnée à rester toujours à l'état d'hypothèse.

Bien que notre analyse soit trop brève pour tenir compte de quelques différences observées par M. Hensen entre les divers Céphalopodes dibranches observés par lui, nous devons signaler la forme extraordinaire de l'organe de la vue chez les Céphalopodes tétrabranches, c'est-à-dire les nautiles. MM. Owen, Valenciennes et van der Hoeven ont tous signalé ou observé l'absence de milieux réfringents dans les yeux de ces mollusques. M. Hensen, qui a pu comme ces savants étudier les yeux de nautiles conservés dans l'alcool, arrive à la même conclusion. L'œil, moins gros, il est vrai, que celui des dibranches, mais plus gros que celui des gastéropodes, est une chambre obscure, vraisemblablement remplie d'eau de mer pendant la vie. Les enveloppes de l'œil sont plus simples que chez les dibranches, car il n'existe

qu'une capsule de tissu connectif recouverte d'épithélium à l'extérieur, sans trace de tunique, ni cartilagineuse, ni argentée. Le ganglion optique fait également défaut. A la surface externe du bulbe, on voit courir un sillon recouvert d'un épithélium vibratile depuis le bord pupillaire jusqu'à une certaine distance où il se termine à une petite ouverture. Ce petit sillon serait destiné, selon M. Hensen, à amener continuellement un courant d'eau sur la pupille et la maintenir nette. Le pédoncule de l'œil renferme aussi un canal cilié. Tout cela est trop exceptionnel et trop extraordinaire pour qu'il ne soit pas nécessaire, avant de prononcer en dernière instance, d'attendre l'occasion d'étudier des individus nombreux et en bon état. Une observation remarquable faite par M. Hensen sur l'œil des nautiles, savoir le passage d'un épithélium normal à la couche de bâtonnets de la rétine demanderait à être confirmée sur d'autres animaux.

M. Hensen termine son beau travail par une étude comparée des yeux des autres classes de mollusques, y compris les yeux distribués en grand nombre sur le bord du manteau de certains lamellibranches. Ici surtout il est évident qu'on ne saurait établir d'homologies spéciales entre les différents yeux en question. La seule explication fournie jusqu'ici des homologies est la parenté généalogique des espèces, en d'autres termes, la dérivation des espèces les unes des autres, par voie de sélection naturelle, par exemple. Or il est bien difficile d'admettre que les yeux du Pecten et ceux du Céphalopode soient le résultat de la modification d'un même organe primordial. Il nous semble que les ressemblances s'expliquent plus ici par l'identité des fonctions que par la communauté d'origine, et quant aux différences, elles sont toutes naturelles dans cette manière de voir. Mais c'est là un point dont M. Hensen n'a pas abordé la discussion.

Quoi qu'il en soit, il est bien frappant que tous les mollusques, à l'exception des Pectens, présentent, relativement aux vertébrés, ce même renversement dans l'ordre des éléments de la rétine déjà signalé pour les Céphalopodes. Ce renversement se retrouve

du reste chez d'autres vertébrés. Les bâtonnets étant, selon toute vraisemblance, les organes percepteurs, la disposition ordinaire chez les invertébrés est en quelque sorte, comme le remarque M. Hensen, supérieure à la disposition qu'affecte la rétine des vertébrés. En effet, chez ces derniers les rayons lumineux doivent traverser les différentes couches de la rétine, insensibles à la lumière, pour atteindre les éléments percepteurs. De là la projection d'ombres et des phénomènes de fluorescence, de là aussi l'existence d'une tache aveugle. En revanche, les yeux des vertébrés offrent de meilleures conditions pour la nutrition des bâtonnets, grâce à l'application de ceux-ci contre le tissu vasculaire de la choroïde. Les Pectens, qui offrent comme les vertébrés les bâtonnets en arrière, ne jouissent pas de cet avantage par suite de l'absence d'une choroïde vasculaire. Il est vrai que d'autre part leurs yeux sont dépourvus de tache aveugle [1].

Prof. CLAUS. UEBER DIE ORGANISATION, etc.... SUR L'ORGANISATION DES CYPRIDINES. (*Zeitschrift f. wiss. Zool.*, t. XV, 1865, p. 143.)

Pendant un séjour à Messine, M. le prof. Claus dirigea son attention sur les petits crustacés qui fourmillent dans les eaux de la mer. Il fut frappé, en particulier, par un petit Ostracode du genre Cypridine, chez lequel il reconnut, déjà à un faible grossissement du microscope, un œil accessoire impair en outre du

[1] Les yeux des Pectens reçoivent chacun deux nerfs optiques, mais dont aucun ne perce le fond de l'œil. L'un d'eux, comme M. Hensen s'en est assuré, se divise en une multitude de branches qui embrassent le globe de l'œil comme des méridiens et le percent en une foule de points à l'équateur. L'autre nerf contourne également l'œil jusqu'à l'équateur sans se diviser et perce l'enveloppe de l'œil en un point. C'est ainsi que l'existence d'une tache aveugle au fond de l'œil se trouve évitée. Une conformation aussi exceptionnelle nous paraît parler toujours davantage contre toute homologie réelle entre les yeux des acéphales et ceux des vertébrés.

gros œil composé pair, et un cœur animé de pulsations régulières. Cette dernière découverte avait lieu de le surprendre, puisque chez les deux autres familles d'Ostracodes, les Cypris et les Cythères, le cœur fait entièrement défaut. Un examen plus attentif de ces crustacés enseigna, du reste, bientôt que les Cypridines diffèrent bien plus des autres Ostracodes que les Cypris et les Cythères entre elles.

Le fait qu'un organe aussi important que le cœur puisse, chez des animaux aussi proches parents les uns des autres, tantôt exister, tantôt faire défaut, est surprenant, sans doute, mais point inouï. Il est, en effet, démontré aujourd'hui que les Copépodes, si bien étudiés par de nombreux observateurs depuis quelques années, sont dans ce cas. M. Claus lui-même a en effet démontré que si les familles des Cyclopides, des Harpactides et des Corycaeides sont toujours dépourvues de cœur, les familles voisines des Pontellides et des Calanides en sont toujours munies. D'ailleurs, M. Claus n'est point seul à avoir vu le cœur des Cypridines. M. Fritz Müller en a également fait mention dans un ouvrage récent (*Für Darwin*, Leipzig, 1864).

Les seuls organes visuels jusqu'ici connus chez les Cypridines étaient les yeux pairs, chez lesquels M. Lilljeborg a constaté une complication d'organisation très-semblable à celle des yeux des Cladocères, bien que ceux-ci soient fondus en une seule masse, de manière à former comme un œil impair. Cependant, les traces d'une division primordiale en deux moitiés, chez les Sida, les Lycœus, les Esthéries, permettent d'établir sans hésitation l'homologie de cet œil, en apparence unique, des Cladocères, avec l'œil pair des Cypridines. Une homologie de plus se présente tout naturellement lorsque nous trouvons chez les Cypridines, en outre des gros yeux composés, un petit œil simple, médian, tout à fait semblable à celui qui existe, en outre de l'œil composé, chez les Daphnies, parmi les Cladocères.

Les Cypridines présentent d'autres particularités dignes d'être relevées. D'une manière générale des Ostracodes sont caracté-

risés par le petit nombre des appendices, puisqu'il n'existe que deux ou, au plus, trois paires d'appendices locomoteurs en arrière des gigantesques maxilles. Chez les Cypridines, cette réduction atteint son maximum. En effet, la dernière paire de pieds disparaît complétement et les autres sont transformées en organes de mastication. En revanche, les mandibules sont transformées en appendices locomoteurs. Les antennes servant aussi à la locomotion, on voit que pendant toute leur vie les Cypridines emploient les trois paires antérieures d'appendices comme organes locomoteurs. Or, c'est ce qui a lieu chez tous les entomostracés pendant la phase de Nauplius. C'est donc un nouvel argument à ajouter à ceux présentés par M. Fritz Müller en faveur de la dérivation de tous les crustacés de la forme de Nauplius.

BOTANIQUE.

R. Caspary. Remarques sur l'étui protecteur et la formation de la tige de la racine (*Jahrb. für wissensch. Bot.* 4, 1864).

Dans des écrits précédents, M. Caspary (*Priengsh. Iahrb.* 1858, I, 442) a fait connaître une couche de cellules très-serrées, placées sur un seul rang d'épaisseur et qui existe dans les tiges, les racines et les feuilles dont elle enveloppe et protége le système vasculaire. Il lui a donné le nom d'étui protecteur, bien que dans certains cas, chez les Berberis en particulier, cette couche se rompe pendant l'accroissement des rameaux et ne serve guère par conséquent à protéger les organes qu'elle enveloppe. En décrivant cet étui protecteur, M. Caspary avait signalé sur les parois latérales de ses cellules des taches ou rayures plus sombres qu'il pensait être formées par de très-petits pores. Aujourd'hui il maintient l'existence de ces rayures ou taches, mais il s'est convaincu qu'elles sont dues à des plissements des parois des cellules et non à des pores. Il a observé ces plissements dans l'étui pro-

tecteur des *Ficaria ranunculoïdes* Roth, *Elodea canadensis* Mich, *Brasena peltata*, Peret et *Charlwoodia rubra* Planch, et il en donne plusieurs figures. Dans les cas où les cellules de l'étui protecteur s'épaississent, les plissements disparaissent peu à peu et M. Caspary attribue ce changement à l'allongement des parois des cellules, allongement dont il s'est convaincu par des mesures directes.

Comme plusieurs auteurs (en particulier M. Karsten) ont considéré cet étui protecteur comme un reste liquéfié de la couche de cambium qui a produit les autres parties de la tige, M. Caspary combat cette opinion. Il se prononce aussi ouvertement contre l'opinion qui fait dériver toutes les parties de la tige d'une seule et même couche de cambium existant dans le bourgeon terminal. Suivant lui, le bourgeon terminal tout entier est formé de cambium et renferme déjà en place les cellules-mères de toutes les espèces de tissus qui formeront plus tard les diverses parties de la tige.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A L'OBSERVATOIRE DE GENÈVE

sous la direction de

M. le Prof. E. PLANTAMOUR

PENDANT LE MOIS D'AOUT 1865.

Le 2, quelques coups de tonnerre de 1 h. à 1 h. 10 m.

6, faible halo solaire entre 1 h. et 2 h.

10, halo solaire de 7 h. à 8 h. du matin ; on voit en même temps les deux parhélies sur le halo et un arc d'environ 30° du cercle circumzénithal ; plus tard, dans l'après-midi, on voit encore à plusieurs reprises, mais faiblement, un halo solaire.

13, quelques coups de tonnerre entre 2 h. et 2 h, 20 m. Depuis 7 h. 15 m. du soir, pendant toute la soirée, éclairs et tonnerres.

15. rosée le matin,

20 et 21, rosée le matin.

23, éclairs et tonnerres de 1 h. 30 m. à 3 h ; l'orage suit la directiou du NO. au SE., et atteint sa plus grande intensité de 2 h. 25 m. à 2 h. 45 m., il est tombé en ce moment 9^{mm},2 dans un intervalle de 20 minutes.

24. faible halo solaire à plusieurs reprises dans la journée.

25, rosée le matin ; de 8 h. à 8 h. 15 m. on voit le halo ordinaire et les deux parhélies. Depuis 4 h. de l'après-midi jusqu'au 26, à 9 h. du matin, a eu lieu une succession d'orages, dont 4 ont éclaté avant minuit et 4 après minuit, et qui tous venaient du SO. ou de l'Ouest pour se diriger vers le NE. ou l'Est. La plus grande intensité des décharges électriques pour ces différents orages a eu lieu successivement : le 25 à 4 h. 30 m. de l'après-midi ; à 6 h. ; à 8 h. 15 m. ; à 10 h. 6 m. ; le 26, à 3 h, du matin ; à 7 h. 15 m. ; à 7 h. 50 m. ; à 8 h. 45 m.

27, brouillard le matin de bonne heure jusqu'à 9 h.

28, id. jusqu'à 11 h.

29, rosée le matin ; vers 8 h. du soir quelques coups de tonnerre ; éclairs toute la soirée.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.

MAXIMUM.	mm	MINIMUM.	mm
Le 5, à 10 h. matin ...	730,91	Le 9, à 6 h. soir	723,56
13, à 2 h soir. ...	728,82	16, à 8 h. matin. .	725,29
17, à 10 h. soir.....	730,26	23, à 1 h. $^3/_4$ soir...	718,28
27, à 8 h. matin ...	734,25	29, à 6 h. matin ...	726,24

GENEVE. — AOUT 1865.

Jours du mois.	Baromètre. Hauteur moy. des 24 h.	Baromètre. Écart avec la hauteur normale.	Température C. Moyenne des 24 heures.	Température C. Ecart avec la temp. normale.	Température C. Minim.	Température C. Maxim.	Tension de la vap. Moy. des 24 h	Tension de la vap. Ecart avec la tension normale.	Fract. de saturation en millièmes. Moy. des 24 h.	Fract. de saturation. Ecart avec la fraction norm.	Fract. de saturation. Minimum.	Fract. de saturation. Maximum.	Pluie ou neige. Eau tomb. d. les 24 h.	Pluie ou neige. Nomb. d'h.	Vent dominant.	Clarté moy. du Ciel.	Temp. du Rhône. Midi.	Temp. du Rhône. Ecart avec la temp. normale.	Limnimètre à midi
	millim.	millim.	°	°	°	°	mm	mm					mm				°		pouces
1	724,11	— 3,94	+18,60	+0,01	+16,5	+23,6	10,41	—0,34	675	— 12	490	820	0,7	2	SSO. 1	0,71	18,5	0,0	69,2
2	725,56	— 2,49	+16,65	—1,91	+14,3	+23,6	10.52	—0,22	766	+ 78	540	850	3,2	3	SSO. 1	0,77	16.3	— 2,3	69,5
3	725,16	— 2,89	+15,98	—2,55	+13,1	+20,0	7,98	—2,76	618	— 71	410	760	1.4	4	SSO. 2	0,71	13,9	— 4,7	70,0
4	728,28	+ 0,23	+12,07	—6,42	+11,1	+16,7	7.49	—3,24	735	+ 45	510	810	3,5	5	SSO. 1	0,82	13,4	— 5,2	70,0
5	730,58	+ 2,53	+14,15	—4,30	+ 9.9	+19,2	7,29	—3,43	636	— 55	420	870	...	..	NNE. 1	0,50	11,4	— 7,2	69,3
6	729,40	+ 1,36	+14,61	—3,80	+ 6,8	+20.7	7,25	—3,46	614	— 78	340	930	...	..	N. 1	0,30	...	.....	68,5
7	728,33	+ 0,30	+16,61	—1,75	+ 9,3	+22,7	8,10	—2,60	595	— 98	410	890	...	..	variable	0,53	17,4	— 1,3	68,0
8	727,17	— 0,85	+17,54	—0,77	+13,8	+23.0	9,51	—1,18	663	— 32	420	830	3,6	4	variable	0,47	17,3	— 1,4	67,5
9	724.99	— 3,01	+16,60	—1,66	+ 9,3	+22,5	9,05	—1,63	665	— 32	390	950	...	..	N. 1	0,06	17,8	— 0.9	66.8
10	725,12	— 2,88	+18,27	+0,07	+11,3	+24,9	12,21	+1,54	782	+ 84	580	920	. .	..	variable	0,69	18,0	— 0,7	66,2
11	724,45	— 3,54	+18,16	+0,02	+13,7	+22,9	13,24	+2,58	857	+157	660	960	4,7	6	NNO. 1	0,93	18,7	0,0	65,5
12	727,20	— 0,78	+20,35	+2,27	+17,4	+25,6	14,53	+3,88	837	+135	560	960	..	..	N. 1	0,41	18.8	+ 0,1	65.0
13	728,11	+ 0,15	+18,19	+0,17	+16,0	+24,4	12,45	+1,82	830	+126	550	990	30,7	11	variable	0,73	...	....	64,5
14	727,27	— 0,67	+16,88	—1,07	+14,6	+21,8	10,82	+0,21	778	+ 72	510	920	...	..	variable	0,78	18,8	+ 0,1	66,0
15	727,40	— 0,52	+17,92	+0,04	+11,2	+24,2	10,63	+0,03	699	— 9	480	920	...	..	SSO. 1	0,71	18,6	— 0,1	65,7
16	726,00	— 1,90	+17,12	—0,69	+15,5	+21,2	11,98	+1,40	839	+129	740	870	7,0	8	O. 1	0,94	18,1	— 0,6	65,7
17	729,37	+ 1,49	+16,86	—0.88	+13,6	+21,7	8,51	—2,05	630	— 82	400	860	..	..	SO. 1	0,51	16,8	— 1,9	65,8
18	728,87	+ 1,01	+16,96	—0,70	+ 9,9	+22,8	9.30	—1,24	659	— 55	460	900	...	..	SO. 2	0,68	14.3	— 4,4	66,2
19	726,19	— 1,65	+17,76	+0,18	+14,5	+23,3	11,68	+1,12	795	+ 79	520	950	40,3	10	S. 1	0,58	13,8	— 4,9	66,3
20	725,52	— 2,30	+18,77	+1,27	+12,4	+25,2	12,06	+1,56	755	+ 37	510	920	...	..	SSO. 1	0,59	...	.....	66,0
21	724,71	— 3,09	+20,49	+3,08	+16,3	+25,9	11,76	+1,28	684	— 38	430	890	...	..	SO. 1	0,58	16,8	— 1,8	65,5
22	721,90	— 5,87	+19,38	+2.01	+15,9	+24,2	13,28	+2,82	812	+ 90	560	920	1,3	3	variable	0,97	17,1	— 1,5	65,5
23	720,79	— 6.96	+18.73	+1,50	+16,5	+25,0	12,97	+2,58	819	+ 94	600	970	15,8	6	SSO. 1	0,89	17,6	— 0,8	65,5
24	725,26	— 2,46	+18,11	+0,97	+14,4	+23,9	11,15	+0,74	738	+ 10	450	870	...	..	SO. 1	0,72	18,6	+ 0.1	65,5
25	726,49	— 1,21	+17,35	+0,30	+14,7	+21,7	12,74	+2.35	877	+147	620	980	4,9	1	variable	0,80	18,9	+ 0,4	65,5
26	732,20	+ 4,53	+17,88	+0.93	+16,0	+21,2	14,34	+3,98	949	+216	830	970	1,6	3	variable	0,91	19,0	+ 0,6	66,0
27	733,28	+ 5,63	+18,68	+1,83	+15,1	+23,8	14.40	+4,07	905	+170	640	1000	...	..	N. 1	0,37	...	.....	67,0
28	729,67	+ 2,05	+19,73	+2,98	+14,6	+26,3	15.24	+4,94	888	+150	690	1000	...	..	N. 1	0,21	19,6	+ 1,2	67,7
29	727 34	— 0.25	+19,20	+2.55	+14,6	+25,0	11.90	+1,63	740	— 1	540	930	10,0	4	S. 2	0,73	19,0	+ 0,6	68,0
30	728,80	+ 1,24	+15,86	—0,68	+11,7	+21,0	11,12	+0,88	835	+ 92	590	980	0,1	1	N. 2	0,88	19,2	+ 0,9	70,5
31	730,38	+ 2.85	+15,26	—1,17	+14,0	+18,8	8,38	—1,83	678	— 68	550	730	...	..	NNE. 3	0,67	18,7	+ 0,4	73,0

MOYENNES DU MOIS D'AOUT 1865.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h. s.
					Baromètre.				
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade,	726,69	727,03	727,02	726,84	726,86	726,53	726,36	726,78	727,08
2e »	727,16	727,28	727,31	727,01	726,76	726,55	726,44	726,96	727,22
3e »	727,22	727,60	727,62	727,29	726,89	726,95	727,10	727,62	727,91
Mois	727,03	727,31	727,33	727,06	726,84	726,68	726,65	727,14	727,42
					Température.				
	o	o	o	o	o	o	o	o	o
1re décade	+12,78	+15,79	+18,16	+19,02	+19,45	+19,73	+18,97	+16,28	+14,53
2e »	+14,86	+17,10	+19,36	+20,71	+21,49	+21,70	+20,36	+18,14	+16,60
3e »	+15,96	+17,66	+19,54	+21,40	+22,47	+21,33	+19,64	+17,88	+16,78
Mois	+14,58	+16,88	+19,04	+20,41	+21,18	+20,93	+19,65	+17,45	+15,99
					Tension de la vapeur.				
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade,	9,12	9,52	9,35	8,74	8,84	8,64	8,80	9,36	9,53
2e »	11,33	11,62	12,12	11,56	11,47	11,56	11,40	11,74	11,99
3e »	12,10	12,55	12,87	12,72	12,52	12,06	12,83	13,04	12,68
Mois	10,89	11,27	11,49	11,06	10,99	10,80	11,07	11,43	11,44
					Fraction de saturation en millièmes.				
1re décade,	829	705	597	528	531	505	539	667	768
2e »	892	801	725	634	611	611	641	748	848
3e »	898	835	756	671	615	640	751	852	885
Mois	874	782	695	613	586	587	647	759	835

	Therm. min.	Therm. max.	Clarté moyenne du Ciel.	Température du Rhône.	Eau de pluie ou de neige.	Limnimètre.
	o	o		o	mm	p.
1re décade,	+11,54	+21,69	0,56	+16,00	12,4	68,60
2e »	+13,88	+23,31	0,69	+17,24	82,7	65,67
3e »	+14,89	+23,35	0,70	+18,47	33,7	67,25
Mois	+13,48	+22,80	0,65	+17,28	128,8	67,14

Dans ce mois, l'air a été calme 4 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 0,72 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est S. 80°,8 O. et son intensité est égale à 19 sur 100.

TABLEAU

DES

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AU SAINT-BERNARD

pendant

LE MOIS D'AOUT 1865.

Le 1er, la neige a entièrement disparu à la Grand-Combe.
3, le matin, les environs de l'hospice étaient couverts de neige fraiche.
13, un coup de tonnerre à 7 h. du soir au SE.
25, éclairs et 2 coups de tonnerres.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.

MAXIMUM.

	mm
Le 1, à 2 h. soir....	566,79
5, à 10 h. soir.....	568,26
12, à 10 h. soir.....	570,44
18, à 10 h. matin...	568,51
27, à 8 h. soir...	577,28

MINIMUM.

	mm
Le 4, à 6 h. matin..	563,90
9, à 8 h. matin..	565,88
14, à midi........	565,73
23, à 6 h. matin..	564 30
31, à 6 h. matin..	567,56

SAINT-BERNARD. — AOUT 1865.

Jours du mois.	Baromètre. Hauteur moy. des 24 heures.	Baromètre. Ecart avec la hauteur normale.	Baromètre. Minimum.	Baromètre. Maximum.	Température, C. Moyenne des 24 heures.	Température, C. Ecart avec la température normale.	Température, C. Minimum.[1]	Température, C. Maximum.[1]	Pluie ou neige. Hauteur de la neige.	Pluie ou neige. Eau tombée dans les 24 h.	Pluie ou neige. Nombre d'heures.	Vent dominant.	Clarté moy. du Ciel.
	millim.	millim.	millim.	millim.	°	°	°	°	mm	mm			
1	566,04	− 2,83	564,95	566,79	+ 7,70	+ 1,49	+ 6,3	+ 9,4	.....	13,4	6	NE. 1	0,88
2	565,80	− 3,06	565,41	566,64	+ 5,56	− 0,64	+ 3,5	+10,0	......	4,2	3	NE. 1	0,87
3	564.44	− 4,42	563,95	565,31	+ 3,47	− 2,72	+ 1,1	+ 5,8	......	4,3	5	SO. 1	0,80
4	564,92	− 3,93	563,90	566,30	− 1.14	− 7,32	− 2,2	+ 2,2	10	3.6	8	NE. 1	1,00
5	567,42	− 1,42	566,28	568.26	− 0,64	− 6,80	− 3,5	+ 2,4	......	......	......	NE. 2	0,76
6	567,37	− 1,46	567,22	567,72	+ 3,18	− 2,96	− 1,5	+ 6,9	......	......	......	NE. 1	0,42
7	566,92	− 1,89	566,21	567,62	+ 1,91	− 4,21	− 0,4	+ 4,4	......	......	......	NE. 2	0,80
8	566,30	− 2,49	565,94	566,52	+ 2,51	− 3 58	+ 1,8	+ 4,5	......	......	......	NE. 1	0,99
9	566.25	− 2,52	565,88	567,02	+ 7,09	+ 1,03	+ 2,9	+11,3	......	......	......	SO. 1	0,07
10	567,79	− 0,96	566,92	568,82	+ 5,52	− 0,51	+ 5,0	+ 6,6	......	......	......	SO. 1	0,98
11	568,20	− 0,53	567,43	569,03	+ 5.76	− 0,24	+ 5,0	+ 6,7	......	......	......	SO. 1	0,99
12	569,77	+ 1,06	568,88	570,44	+ 9,23	+ 3.27	+ 6,3	+12,8	......	......	......	SO. 1	0,78
13	569.37	+ 0,69	568.72	569,92	+ 8.90	+ 2,98	+ 7,3	+11,8	......	......	......	SO. 2	0,86
14	566.58	− 2,07	565.73	567,64	+ 2,93	− 2,95	+ 1,0	+ 6,1	......	17,5	12	NE. 2	0,98
15	567,58	− 1,04	567,15	567,92	+ 5,43	− 0,41	+ 0,8	+ 8,6	......	......	......	NE. 1	0,29
16	567,10	− 1,49	566,67	567,61	+ 5,79	0,00	+ 4,3	+ 9,2	......	3,5	4	variable	0,92
17	567,89	− 0,67	567,16	568,47	+ 2,57	− 3,07	+ 0,2	+ 5,2	......	......	......	NE. 1	0,98
18	368,17	− 0,35	567,90	568.51	+ 5,18	− 0,51	+ 4,1	+ 7,2	......	......	......	NE. 1	0,88
19	566,32	− 2,16	565,48	567,06	+ 2,92	− 2,72	+ 0,7	+ 5,0	......	12,5	10	NE. 1	0,90
20	567,07	− 1,36	566.66	567,53	+ 6,87	+ 1,29	+ 3,5	+10,1	......	......	......	NE. 1	0,19
21	566,95	− 1,44	566,63	567,22	+ 8,20	+ 2,68	+ 5,9	+10,9	......	......	......	NE. 1	0,61
22	565,36	− 2,99	564.91	566,02	+ 7,82	+ 2,36	+ 6,0	+10,3	......	0,3	2	variable	0,98
23	565,26	− 3,04	564,30	566,32	+ 8,72	+ 3,32	+ 6,7	+12,1	......	4,6	8	SO. 1	0,89
24	567,14	− 1,11	565,82	567,95	+ 9,33	+ 4,00	+ 5,9	+12,4	......	......	......	SO. 1	0,42
25	569,47	+ 1,27	567,90	570,74	+ 8,07	+ 2,80	+ 7,0	+11,5	......	6,7	5	SO. 2	0,89
26	574,41	+ 6,26	571,87	575,81	+ 9,86	+ 4,66	+ 8,3	+12,5	......	4,5	3	SO. 1	0,76
27	576,84	+ 8,74	576,17	577,28	+15 03	+ 9,90	+10,2	+17,9	......	......	......	NE. 1	0,00
28	575,30	+ 7,25	574.39	576,19	+17,52	+12,47	+15,5	+20,4	......	......	......	SO. 1	0,04
29	569,93	+ 1,94	568.15	571,98	+11,59	+ 6,62	+ 8,6	+13,9	......	......	......	SO. 2	0,73
30	567.75	− 0,18	567.61	567,93	+ 3,20	− 1,69	+ 3,0	+ 4,3	......	4,3	5	NE. 1	1,00
31	568,19	+ 0,32	567,56	568,93	+ 3,08	− 1,73	+ 2,0	+ 5,9	......	......	......	NE 1	0,84

[1] Les chiffres renfermés dans ces colonnes donnent la plus basse et la plus élevée des températures observées de 6 h. du matin à 10 h. du soir, les thermomètrographes étant hors de service.

MOYENNES DU MOIS D'AOUT 1865.

Baromètre.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h.
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade,	565,77	565,98	566,22	566,29	566,40	566,37	566,48	566,78	566,92
2e »	567,75	567,65	567,80	567,82	567,73	567,76	567,88	568,06	568,08
3e »	569,29	569,63	569,93	569,81	569,79	569,67	569,61	569,91	569,83
Mois	567,66	567,81	568,05	568,03	568,03	567,99	568,04	568,30	568,38

Température

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h.
1re décade,	+ 1°,86	+ 3°,75	+ 5°,10	+ 5°,49	+ 5°,28	+ 4°,80	+ 4°,17	+ 3°,04	+ 2°,79
2e »	+ 4,16	+ 5,44	+ 6,68	+ 6,81	+ 7,46	+ 6,94	+ 6,50	+ 5,54	+ 5,13
3e »	+ 8,25	+ 9,14	+10,05	+10,70	+11,55	+11,34	+ 9,93	+ 9,01	+ 8,46
Mois	+ 4,87	+ 6,21	+ 7,37	+ 7,77	+ 8,21	+ 7,81	+ 6,96	+ 5,96	+ 5,56

	Min. observé.[1]	Max. observé.[1]	Clarté moy. du ciel.	Eau de pluie ou de neige.	Hauteur de la neige tombée.
	°	°		mm	mm
1re décade,	+ 1,30	+ 6,35	0,76	25,5	10
2e »	+ 3,32	+ 8,27	0,78	33,5	—
3e »	+ 7,19	+12,01	0,65	20,4	—
Mois	+ 4,04	+ 8,98	0,73	79,4	10

Dans ce mois, l'air a été calme 18 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 1,50 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 45°E., et son intensité est égale à 20 sur 100.

[1] Voir la note du tableau.

RÉSULTATS DE LA PREMIÈRE ANNÉE

DES

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

récemment instituées en Suisse,

SOUS LE RAPPORT DES TEMPÉRATURES ET DES QUANTITÉS DE PLUIE OU DE NEIGE;

communiqués à la Société de physique et d'histoire naturelle de Genève, le 7 septembre 1865,

PAR

M. LE PROFESSEUR GAUTIER.

Le douzième cahier mensuel du recueil in-4° d'observations météorologiques suisses, publié à Zurich sous la direction de M. le professeur Rodolphe Wolf, a paru dernièrement. Il comprend les observations faites dans chaque station en novembre 1864, ainsi qu'un tableau des moyennes thermométriques mensuelles et annuelles de ces stations, de décembre 1863 à novembre 1864. Cela m'a permis de compléter un petit travail, déjà commencé pour cette année-là d'après les cahiers précédents, et de présenter, le 23 août dernier, à la section de physique de la Société helvétique des sciences naturelles réunie à Genève, le Tableau ci-joint, sur lequel je me propose de donner ici quelques explications, en y ajoutant les remarques auxquelles il m'a paru pouvoir donner lieu, d'après un premier coup d'œil.



Températures.

Ce tableau comprend d'abord les températures moyennes, en degrés centigrades, de l'année 1864 et de ses quatre saisons, en 75 stations réparties sur les 22 cantons de la Suisse, d'après trois observations diurnes faites en chacune de ces stations, à 7 heures du matin, à 1 heure de l'après-midi et à 9 heures du soir. Ces stations sont rangées dans l'ordre de leurs hauteurs au-dessus du niveau de la mer, à partir des plus basses, 27 sont élevées de plus de mille mètres et 5 de plus de deux mille; 19 sont situées dans le canton des Grisons, si étendu et montagneux, où, depuis 1857, avait commencé un réseau très-développé d'observations de ce genre, par les soins de M. Brugger de Churwalden [1].

J'ai eu déjà l'occasion, dans une Notice qui a paru dans le n° d'avril 1865 de ces *Archives*, d'entrer dans quelques détails au sujet du nouveau système d'observations suisses, soit d'après un excellent rapport publié en allemand sur ce sujet par M. le professeur Albert Mousson, soit d'après un intéressant mémoire de M. le professeur Plantamour sur les résultats, sous le rapport des températures, des trois mois de l'hiver de 1863 à 1864.

Il se fait dans les stations de Genève, du Grand-Saint-Bernard et du Simplon, neuf observations bihoraires par jour, d'après lesquelles on calcule une formule d'interpolation, qui permet d'en conclure chaque mois, avec un degré suffisant d'approximation, la température moyenne

[1] Il y a eu aussi, de 1858 à 1861, des observations thermométriques faites en 20 stations du canton d'Argovie. Ces détails sont tirés de la préface que M. Wolf a mise en tête du 1[er] volume des Observations suisses actuelles.

de chaque heure du jour. M. Plantamour avait constaté que, pour les mois d'hiver, les températures moyennes diurnes résultant des 9 observations étaient inférieures d'environ deux dixièmes de degré seulement aux moyennes des trois observations faites à 7 heures du matin, à 1 heure et à 9 heures du soir. La comparaison que j'ai faite de ces moyennes dans les neuf autres mois de l'année, en ces trois stations, m'a fait voir que les différences s'élevaient à 3 ou 4 dixièmes de degré dans quelques mois du printemps et de l'été, mais qu'elles étaient toujours dans le même sens, c'est-à-dire que les moyennes des 3 heures d'observation donnaient des températures plus élevées de 2 à 4 dixièmes de degré que celles des 9 observations diurnes. Ces différences ont été, pour la moyenne annuelle de 1864 : de 0°, 25 pour Genève, de 0°,23 pour le Saint-Bernard et de 0°,26 pour le Simplon.

Il est probable, vu leur presque identité en des stations de hauteurs si différentes, qu'elles seraient à peu près les mêmes pour les autres stations situées à des hauteurs intermédiaires. Pour avoir des résultats bien comparables entre eux, j'ai adopté pour toutes les stations comprises dans le tableau, les moyennes des observations réellement faites, ou interpolées, aux trois heures convenues pour le réseau suisse. Chacun sera libre de les abaisser toutes d'environ un quart de degré pour avoir les moyennes les plus probables. On ne s'étonnera pas, d'après cela, de voir les températures moyennes annuelles de Genève et du Saint-Bernard consignées dans le résumé météorologique pour 1864, inséré par M. Plantamour dans le numéro d'août des *Archives*, aussi bien que celles rapportées dans le tableau général du cahier de novembre 1864 des observations suisses, être un peu inférieures à celles de mon tableau

En confrontant ces deux tableaux, on trouvera aussi de légères différences pour un très-petit nombre d'autres stations, telles que Berne, Morges, Uetliberg et Zurich ; et je soumettrai, dans leurs détails, ces légères différences à l'appréciation de M. Wolf.

C'est la première fois qu'on peut comparer ainsi les températures d'un aussi grand nombre de localités de notre Suisse, situées à des hauteurs très-diverses, qui sont comprises entre 229 et 2478 mètres au-dessus du niveau de la mer. On y voit les températures moyennes annuelles décroitre successivement à mesure qu'on s'élève, depuis celle de Bellinzone de 12°,14 jusqu'à celle du Saint-Bernard de —1°,44. Comme il n'y a encore qu'une année d'observations, on ne peut, cependant, en déduire qu'un premier aperçu approximatif des températures moyennes des saisons et de l'année en chaque station. J'y ai joint les températures extrêmes observées dans l'année en ces mêmes stations, avec leurs dates, et les amplitudes thermométriques résultant des différences entre ces *maxima* et *minima* de température. Mais, comme dans beaucoup de ces stations on ne possède pas encore de thermomètres à index accusant ces *maxima* et *minima*, les extrêmes observés aux trois heures ordinaires peuvent avoir été notablement dépassés à d'autres heures en certains jours.

La comparaison des températures des stations situées à peu près à la même hauteur indique d'abord une différence d'environ trois degrés entre celles situées au nord et au sud de la grande chaîne des Alpes, ainsi que l'avait déjà signalé M. Plantamour pour l'hiver. Il est à regretter, sous ce rapport, que les observations commencées à Locarno et à Brusio aient été interrompues, et que

leurs moyennes n'aient pas pu, d'après cela, entrer dans le tableau ci-joint. J'en dirai autant de celles de Porrentruy et d'Eriswyl. J'ai inséré, cependant, quelques résultats de celles de Fribourg, de Brusio, de Wildhaus et du Weissenstein, quoiqu'elles aient été fort incomplètes. Il y a aussi bon nombre de stations, telles que le Marchairuz, Sion, Olten, Muri, Kœnigsfeld, Affoltern, Brienz, Interlacken, Frauenfeld, où les observations n'ont commencé que dans le courant de l'année, et pour lesquelles il faudra attendre les résultats de 1865.

En continuant la comparaison des températures de celles des stations peu éloignées entre elles et situées à peu près à la même hauteur, on trouve aussi des différences assez prononcées, déjà étudiées pour l'hiver par M. Plantamour, et dont je me bornerai, pour le moment, à indiquer quelques-unes.

Ainsi, la température moyenne annuelle de Montreux de 9°,95 cent. en 1864, d'après le tableau, est plus élevée d'environ un degré que celle de Bâle, de Morges et de Genève, et d'environ deux degrés que celle d'Arau, de Schaffhouse et de Zurzach. Bex est aussi plus chaud d'un à deux degrés que les stations voisines à hauteurs presque égales ; et il en est de même, du plus au moins, de Genève, de Morges, de Neuchâtel, de Martigny, d'Altorf, de Coire, de Gliss, de Beatenberg, de Churwalden, de Platta et de Græchen. L'abri des vents du nord et le voisinage des lacs tendent à élever les températures.

Il y a, en revanche, des stations qui ont été particulièremant froides en 1864, telles que Kreuzlingen, Stanz, Einsiedeln, le Sentier, Closters, Reckigen, Andermatt et surtout Bevers.

L'époque des extrêmes de froid a été, le plus souvent,

du 3 au 19 janvier, et du 9 au 12 février pour quelques stations. Celle des extrêmes de chaleur a eu lieu généralement vers le commencement d'août, en s'étendant du 12 juillet au 22 août, et remontant au 7 juin pour une seule station : Altstætten, canton de Saint-Gall.

Le plus grand degré de froid qui ait été noté en 1864 dans les stations suisses, est celui de —29° centigrades observé le 3 janvier au Mont-Julier dans les Grisons. Le thermomètre n'est descendu, à la même époque, qu'à — 26° au Saint-Gothard, à — 24° au Saint-Bernardin, et à – 23°,8 au Grand-St-Bernard, quoique cette dernière station soit un peu plus élevée que les trois autres.

Le *maximum* de chaleur relaté dans le tableau, est celui de 33° observé à Genève le 1er août. L'extrême noté à Bellinzone et à Lugano a été de 32° seulement, et celui de Bex de 31°,3 ; mais cette dernière station ne possède pas encore de thermomètre à index, et il en est peut-être de même de celles du canton du Tessin.

Il y a eu, en 1864, trois stations où la température annuelle a été un peu au-dessous de zéro : ce sont celles du Saint-Gothard, du Julier et du Saint-Bernard, cette dernière ayant été la plus froide en moyenne. Les moyennes de l'hiver, du printemps et de l'automne y ont été plus ou moins abaissées au-dessous du point zéro, celle de l'été a été la seule élevée au-dessus, de 5 $^1/_2$ à 7°. Les extrêmes de chaleur annuelle en ces trois stations ont été de 16°,4 à 18°,1 au commencement d'août. Les 4 stations du Tessin, celles de Brusio, de Montreux et de Bex sont les seules où la moyenne de l'hiver soit au-dessus de zéro, le mois de janvier 1864 ayant été généralement très-froid, tandis que mars, si froid cette année-ci, a été très-chaud en 1864, et que mai a été chaud

aussi. Il est résulté de là que dans toutes les stations du tableau, sauf les quatre plus hautes, les températures moyennes du printemps ont été au-dessus de zéro, aussi bien que celles de l'été et de l'automne. La température de l'année 1864, à Genève, a atteint à peu près sa valeur moyenne, d'après le résumé de M. Plantamour, par suite de la compensation entre l'hiver et le printemps. Celle du Saint-Bernard a été plus élevée que la moyenne de 0°,41.

On peut voir, par le tableau ci-joint, combien la moyenne des trois mois d'automne, septembre, octobre et novembre diffère peu, en général, de la moyenne annuelle. Elle est ordinairement plus élevée que cette dernière de quelques dixièmes de degré, et de 1° à 1° 1/2 dans un très-petit nombre de cas seulement. Parfois ces deux moyennes sont égales, et la moyenne d'automne n'a été très-légèrement inférieure à celle de l'année que pour 3 ou 4 stations. Cette circonstance nous permet, dans le cas du Weissenstein, où la moyenne annuelle de 1864 nous manque, de constater que cette année y a été très-froide, la moyenne d'automne y étant de 3°, 19 seulement; plus basse, par conséquent, d'environ deux degrés que celle des stations de hauteur à peu près égale. D'après la même considération, la station du Marchairuz, sur le Jura vaudois, dont l'élévation au-dessus de la mer est de 1453 mètres, aurait eu en 1864 une température annuelle présumée d'environ 3°, qui a été celle du village de Splügen situé à peu près à la même hauteur. Les observations faites au Marchairuz, dans une partie de cette même année y indiquent une grande abondance d'eau de pluie et de neige, savoir 1248 millimètres qui y sont tombés en huit mois.

Les amplitudes thermométriques annuelles ont été comprises entre 38 et 50 degrés en 1864. Cette amplitude n'a été que de 39° à Montreux, elle a été de 42° dans les stations tessinoises et de 44°.9 à Genève. Elle a varié entre 40 et 50° à de grandes hauteurs, ayant été de 50°,4 à Zernetz dans les Grisons, de 47°,1 au Mont-Julier et seulement de 40°,2 au Saint-Bernard. Il ne faut pas oublier qu'il n'y a pas encore de thermométrographes installés dans la plupart de ces stations.

Pluie et neige.

La quantité de pluie et de neige est un élément essentiellement variable, soit d'une époque à l'autre dans une même station, soit entre des stations assez voisines. On ne peut donc en obtenir une bonne valeur moyenne qu'à l'aide d'un grand nombre d'années d'observation.

D'après le résumé météorologique de M. Plantamour déjà cité, l'année 1864 a été très-sèche à Genève, surtout en hiver, où la neige a été rare et peu persistante. La quantité annuelle d'eau qui y est tombée, évaluée en millimètres, a été de 648^{mm},3; valeur inférieure de 177^{mm},2 à la moyenne. Au Saint-Bernard, il n'y a eu dans l'année qu'un peu plus de 4 mètres de neige, tandis que la quantité moyenne est de près de 10 mètres. Mais il y a eu, en cette station, une abondance exceptionnelle de pluie en mai, juin, août et octobre, ce qui y a ramené le chiffre total de l'eau tombée à 1577^{mm},8 ; soit à sa valeur moyenne à peu de chose près.

Il résulte du tableau ci-joint que la quantité annuelle de pluie a été, en 1864, presque double dans les stations tessinoises au sud des Alpes que dans les autres contrées basses du reste de la Suisse situées au nord de cette

chaîne. Elle augmente, en général, avec la haute
dessus de la mer, mais il y a de nombreuses exc
à cette règle. La quantité d'eau tombée a été p
double à Montreux qu'à Genève et à Schaffhous
a été de 1565 millimètres à Glaris et seulement
à Zurich, quoique ces deux villes soient peu él
et presque à la même hauteur. Les stations du I
berg, au-dessus du lac de Thun, et de la monta
Chaumont au-dessus du lac de Neuchâtel, situé
même hauteur, ont eu, en 1864, la première 157
d'eau de pluie ou de neige et la seconde 816 seul
Il en est tombé 1353 au Splügen, et seulement
Zernetz, station dans les Grisons plus élevée que
de 5 mètres.

S'il n'y a pas eu d'erreur dans la quantité d'eau r
lie au Grimsel, cette quantité a été singulièrement
dérable; elle s'y est élevée à 2456 millim., soit
de *deux mètres et demi*, tandis qu'elle n'a été q
817 millim. à Bevers, de 813 au Simplon, de 610
matt et de 602 à Andermatt, ces quatre stations
aussi très-élevées, et la dernière étant fort rapp
du Grimsel.

Après le Grimsel, ce sont les stations du Rigi-
de Auen (vallée de la Linth) et du Saint-Bernardi
quantité d'eau tombée a été la plus grande en 1864
a été de 1921 millim. pour cette dernière montag
1943 pour Auen, et de 1988 pour la cime du Righi,
qu'on n'y ait noté la quantité d'eau que depuis ja
La station assez élevée de Remüs, dans les Griso
celle où il en est le moins tombé, la quantité not
peu incertaine il est vrai, n'étant que de 554 millim

Travaux actuels et réflexions finales.

M. le professeur Mousson, dans le rapport verbal qu'il a fait, le 22 août dernier, à la Société helvétique des sciences naturelles réunie à Genève, sur les travaux récents de la Commission météorologique de cette Société, dont il est le président, a annoncé entre autres, que cette Commission allait envoyer un expert dans toutes les stations du réseau suisse, pour y examiner l'état des instruments, et en particulier celui des thermomètres, dont le point zéro est parfois sujet, comme on sait, à de petits déplacements.

Le bureau central de cette Commission, établi dans le nouvel observatoire astronomique de Zurich, a déjà publié les cahiers mensuels d'observations de décembre 1864, janvier et février 1865, ce qui complète les mois de l'hiver dernier, qui a été plus doux que le précédent à Genève et dans les parties basses de la Suisse, surtout en janvier, tandis qu'il a été plus froid sur les hautes sommités. Le cahier de mars vient de paraitre aussi, et il s'y trouve un tableau des quantités d'eau tombée mensuelles et annuelles en 43 stations, de décembre 1863 à novembre 1864.

Le nombre des stations en activité, maintenant, est de 82 ; les observations de Fribourg et de Brusio manquent encore quelquefois, et celles à Porrentruy, à Locarno et au Weissenstein n'ont pas continué. Il est fort à désirer que les observateurs en chaque station sentent leur responsabilité, et comprennent bien l'importance de leur concours zélé et persévérant dans l'acquittement de la charge qu'ils ont bien voulu accepter pour trois ans.

Il y a actuellement, dans le monde savant, un tel élan

pour les observations et les recherches météorologiques, que la Suisse, placée dans des circonstances physiques si spécialement intéressantes, doit payer son contingent en ce genre honorablement et d'une manière réellement profitable pour la science. Déjà en bien des localités, et à Genève entre autres, on y a précédemment rendu de bons services sous ce rapport; M. le professeur Wolf, dans la préface jointe au titre du volume, de 666 pages in-4°, comprenant la première année des observations du réseau actuel et accompagné d'une carte de toutes les stations, a inséré un tableau détaillé de celles faites en un assez grand nombre de points de la Suisse, depuis le XVI[e] siècle jusqu'en 1863. Mais, jamais il n'y avait eu encore une organisation aussi générale, et un système d'observation simultanées, faites soigneusement, avec des instruments bien construits et comparés entre eux, système étendu sur toute la Suisse et dont les résultats sont publiés promptement.

J'ai eu à cœur de présenter à notre Société helvétique des sciences naturelles, comme l'avait fait M. Plantamour l'année dernière, un échantillon des résultats déjà obtenus. Je désire que cette communication, tout incomplète qu'elle est, puisqu'elle ne comprend pas tout ce qui est relatif à la pression atmosphérique, à l'humidité de l'air, aux vents et à l'état du ciel, puisse contribuer en quelque manière à faire ressortir les avantages de cette entreprise nationale, à laquelle nos Conseils fédéraux se sont associés par l'allocation de quelques fonds; et qu'elle encourage de plus en plus les membres de la Commission météorologique et les observateurs à poursuivre avec dévouement leurs utiles travaux.

Tableau des températures moyennes de l'année 1864 et de ses 4 saisons, ainsi que des extrêmes annuels thermométriques et des quantités de pluie et de neige, d'après trois observations diurnes en diverses stations Suisses, ces stations étant rangées suivant leurs hauteurs au-dessus du niveau de la mer.

Noms des Stations.	Hauteurs en mètres au-dessus de la mer.	Températures en degrés centigrades. Moyennes annuelles	Hiver déc. 63-fév. 64.	Printems	Été.	Automne.	Minima annuels.	Maxima annuels.	Amplitudes annuel.	Quantités d'eau tomb. annuelles en millimètres
	m	° C.	°	°	°	°	°	°	° C.	mm
Bellinzone (Tessin)	229	12,14	+2,04	12,78	21,66	12,08	—10,0 (19 jan.)	+32,0 (6 août)	42	1395,6
Lugano «	275	11,26	+1,68	11,54	20,31	11,52	— 9,8 (18 jan.)	32,0 «	41,8	1456,4
Bâle	281	9,20	—0,20	10,09	17,64	9,27	—14,6 (3 jan.)	28,3 (1 at.)	41,8	762,4
Zurzach (Argovie)..	355	8,01	—1,55	8,77	16,74	8,06	—18,5 «	31,0 (7 at.)	42,9	701,6
Mendrisio (Tessin)........	355	11,45	+1,45	11,49	21,09	11,78	—10,8 (18 jan.)	30,1 (2 at.)	49,5	1423,9
Morges (Vaud)	380	9,01	—0,22	9,73	17,34	9,17	—12,5 (4 jan.)	28,4 (8 at.)	40,9	778,5
Montreux (Vernex, Vaud) ..	385	9,95	+1,19	10,49	18,03	10,10	— 9,6 (3 jan.)	29,2 «	38,8	1171,0
Aarau	389	8,10	—1,24	9,04	16,57	8,01	—14,9 «	27,8 (1 at.)	42,7	783,1
Schaffouse	398	8,01	—1,81	8,9	16,71	8,24	—17,4 (18 jan.)	28,5 «	45,9	648,7
Genève (Observatoire)	408	9,30	—0,25	9,94	18,10	9,41	—11,9 (10 fév.)	33,0 «	44,9	648,3
Zug..................	429	8,61	—1,08	9,17	17,33	8,98	—12,7 (4 jan.)	30,3 (7 at.)	43,0	1150,4
Kreuzlingen (Thurgovie) ...	430	7,03	—1,99	7,34	15,48	7,34	—13,8 (16 jan.)	25,7 «	39,5	682,8
Bex (Vaud)	437	9,00	—0,84	10,10	17,22	9,53	—17,2 (3 jan.)	31,3 «	48,5	885,9
Rathausen (Lucerne)	440	8,11	—1,65	8,95	17,0	8,15	—15,2 (12 fév.)	30,1 (1 at.)	45,3	940,2
Soleure.	441	7,86	—1,99	8,88	16,83	7,73	—14,9 (15 jan.)	29,5 (7 at.)	44,4	815,4
Winterthur (Zurich)	441	7,61	—1,91	8,26	16,42	7,66	—17,3 «	27,7 (12 jt.)	45,0	663,5
Altorf (Uri)..	454	8,85	—0,57	9,57	16,63	9,77	—13,5 (4 jan.)	27,3 (1 at.)	40,8	1247,6
Stanz (Oberdorf, Unterw.) .	456	7,48	—1,78	8,23	15,82	7,64	—15,0?(12 fév.)	26,6 «	41,6?	1493,3
Altstætten (St. Gall.)......	474	8,05	—2,51	9,14	16,60	8,95	—16,0 (5 jan.)	27,9 (7 jn.)	43,9	1318,7

Noms des Stations.	Hauteurs en mètres au-dessus de la mer.	Températures en degrés centigrades. Moyennes annuelles	Hiver déc. 63-fév. 64.	Printems	Été.	Automne.	Minima annuels.	Maxima annuels.	Amplitudes annuel.	Quantités d'eau tomb. annuelles en millimètres
	m	° C.	°	°	°	°	°	°	° C	mm
Zürich (Observatoire.)	480	8,26	−1,51	9,11	16,96	8,50	−13,6 (5 jan.)	+27,0 (16 juil.)	40.6	781,0
Glaris	488	7.60	−2,50	8,49	15,79	8 63	−16,6 (18 jan.)	27.3 (1 août)	43,9	1564,6
Neuchatel (Observre.)	488	8.63	−1,03	9.51	17,52	8,53	−12,6 (3 jan.)	28,9 (9 août)	41,5	767,1
Martigny-Bourg (Valais)	498	9,25	−1,62	10.82	18,21	9,60	−13,2 (5 jan.)	30,2 (6 août)	43,4	651,9
Sargans (St. Gall.)	504	8.22	−1.75	9,31	16.0	9,33	−19,8 (18 jan.)	27,2 (12 juil.)	47.0	1128,8
Marschlins (Grisons)	545	7.75	−2.33	8.76	15.89	8,69	−20.2 (16 jan.)	26,7 «	46,9	1052,1
Schwyz.	547	7 90	−1,28	8,25	16,04	8.58	−14,4 (3 jan.)	25,9 (6 août)	40,3	1590,7
Bœtzberg (Argovie)	571	7,38	−2.34	8,36	16,02	7,50	−14,8 (14 jan.)	28,0 (7 août)	42 8	821,0
Berne (Observre.)	574	7,36	−2,50	8,38	16.21	7,35	−15,8 (15 jan.)	29.2 (12 juil.)	45.0	691.2
Dizy (Vaud)	588	8.12	−1,20	9,0	16,63	8.04	−14 0 (4 jan.)	30,2 (7 août)	44,2	872,6
Reichenau (Grisons)	597	7.74	−1,93	8,74	15,90	8 27	−18,2 »	27,1 (12 juil.)	45,3	1026,6
Coire (Grisons)	603	8.63	−0,99	9,55	16,78	9,17	−16,4 (4 jan.)	27,8 (22 août)	44,2	766,4
Fribourg ([1])	630		−2,48	8,66	16,28 jn.et jt.		−17,4 (5 jan.)	24,8 (12 juil.)	42,2?	
Lohn (Schaffouse)	645	7,99	−2,71	7,96	17,23	9,49	−17.8 (14 jan.)	29,8 (6 août)	47,6	596,6
St. Gall	684	7,23	−2,06	7,66	15,74	7,60	−15.1 (4 jan.)	26,8 (9 août)	41,9	1099,2
Gliss (Valais)	688	8,41	−2.53	9.97	17.4	8,80	−18,2 (9 fév.)	29.0 (6 août)	47,2	619,2
Castasegna (Grisons)	697	9,72	+0,57	9.98	18,71	9,61	−10.7 (18 jan.)	28,5 (30 juil.)	39,2	1739,7
Thusis «	703	7,24	−3,34	8,35	16,13	7,83	−19,8 (4 jan.)	29,4 (12 juill, et 1 août)	49,2	923,8
Ilanz ([2]) «	704	6,94	−4,67	8 26	16,44	7,73	−21,0 (18 jan.)	28 6 (12 juil.)	42,0	902,2?

[1] Les observations ont été assez incomplètes à Fribourg.
[2] L'eau tombée n'a pas été notée à Ilanz en octobre.

Noms des Stations.	Hauteurs en mètres au-dessus de la mer.	Températures en degrés centigrades. Moyennes annuelles	Hiver déc. 63-fév. 64.	Printems	Été.	Automne.	Minima annuels.	Maxima annuels.	Amplitudes annuel.	Quantités d'eau tomb. annuelles. en millimètres
	m	°	°	°	°	°	°	°	°	mm
Faido (Tessin)........	722	9,43	+0,29	9,63	18,36	9,42	—11.4 (18 jan.)	+30,6 (8 août)	42,0	1344,5
Brusio (Grisons).........	777		+1,31	9.18	17,76	6,96oct et nov.	—10,5 «	27,4 (5 août)	37,9	574,1? sans sep.
Auen-Linththal (Glaris)....	821	6,66	—1,90	7,18?	14,40	6,94	—16,6 (4 jan.)	25,4 (22 août)	42,0	1943,3
Vuadens (Fribourg).......	825	6,29	—3,32	7,23	14,86	6,40	—18,1 «	25,6 (6 août)	43,7	1183,3
St. Imier (Berne)........	833	6,84	—2.18	7,34	14,96	7,25	—15,1 (3 jan.)	28,0 «	43,1	1167,0
Uetliberg (Zurich).........	874	6,38	—2,29	6,96	14,39	6,48	—16,4 «	27,0 (1 août)	43.4	804,8
Einsiedeln (Schwyz).......	913	5.20	—4.38	5,75	13,61	5,82	—19.8 (4 jan.)	23,9 (6 août)	43.7	1573.1
Trogen-Gfeld (Appenzell)...	926	6,34	—1,82	6.41	14,26	6,50	—18.6 «	24,7 «	43.3	1186,7
Chaux-de-fonds (Neuchâtel).	980	5,71	—3,68	6,26	13,92	6,33	—20,0 (15 jan.)	26.6 (1 août)	46,6	1242,3
Engelberg (Unterwalden)...	1024	5,11	—3,66	5,51	13,13	5,44	—19,5 (4 jan.)	24.3 «	43.8	1612,8
Le Sentier (Vaud)........	1024	4.76	—4,80	5,48	12,70	5,68	—21,0 (14 jan.)	27,2 «	48,2	1172,0
Ste. Croix «	1092	5,61	—2,16	5,88	13,12	5.58	—17.0 (4 jan.)	24,5 (6 août)	41,5	1212,1
Wildhaus (St. Gall.) (1).....	1104		—3,28 jan.. fév.	5,83	13,15	6,06	—21.8 (3 jan.)	26,8 (9 août)	48,6	838,3 (XI Ms.)
Beatenberg (Berne).......	1150	6,25	—1,52	6,57	13,66	6,29	—16,0 (4 jan.)	24,4 (1 août)	40,4	1578,4
Chaumont (Neuchatel).....	1152	5.21	—2,20	5,36	12,65	5,06	—18,2 (3 jan.)	23,7 (12 juil.)	41,9	815,5
Closters (Grisons)......	1195	4,40	—3,88	4,32	11,90	5,25	—22,4 «	24,5 «	46,9	1315,1
Churwalden «	1213	5.60	—1 91	5,26	12,99	6,08	—18,6 «	23,6 «	42,2	1076,5
Remüs «	1245	4,80	—4,93	5 38	13,34	5,42	—18,8 (10 fév.)	28,4 (2 août)	47,2	553,9?
Weissenstein (Soleure) (2)..	1284		—3,61	2,53	10,64 Ss.août	3,19	—21,0 (4 jan.)	20,3 (30 juil.)	41,3?	

[1] Il n'y a pas [illegible] d'observations à Wildhaus en décembre 1863.
[2] L'eau tombée n'a pas été notée au Weissenstein, et les températures en août y manquent aussi.

Noms des Stations.	Hauteurs en mètres au-dessus de la mer.	Températures en degrés centigrades.							Amplitudes annuel.	Quantités d'eau tomb. annuelles en millimètres
		Moyennes annuelles	Hiver déc. 63-fév. 64	Printems.	Été.	Automne.	Minima annuels.	Maxima annuels.		
	m	°	°	°	°	°	°	°	°	mm
Reckigen (Valais)..........	1339	4.07	—5,93	4,36	12,80	5.03	—17.6 (3 jan.)	+26,0 (12 juil.)	43,6	1000,4
Platta-Medels (Grisons)	1379	4,64	—3,06	4,16	12,25	5,22	—19,8 «	24.9 (6 août)	44.7	1220,6
Andermatt (Uri)	1448	2,35	—6,77	2,26	10,29	3,63	—23,8 (10 fév)	20.4 (9 août)	43.8	601,8
Splügen (Village, Grisons) ..	1471	3,03	—6.69	2,96	11,71	4,14	—21,2 (3 jan.)	23.7 (12 juil.)	44,9	1352,9
Zernetz « ..	1476	3,41	—7,04	3,82	12,19	4,68	—23,8 (10 fév.)	26.6 (9 août)	50,4	599,8
Zermatt (Valais)	1613	3,61	—5,05	4,05	11,48	3,95	—21,4 (9 fév.)	24,5 (6 août)	45,9	610,1
Græchen «	1632	4,09	—3,70	3,93	11,90	4,21	—18,8 (3 jan.)	22,8 (12 juil)	41,6	709,2
Bevers (Grisons)	1715	1,12	—9,40	1,09	10,37	2,41	—24,2 «	22,7 (9 août)	46,9	817,1
Stalla «	1780	2,33	—5,75	1,44	10,26	3,36	—22,5 «	22,4 (6 août)	44,9	1230,1
Rigi-Kulm (Schwyz) (1)	1784	1,87	—4,27	0,61	8,48	2,64	—21,0 «	19,0 (12 juil.)	40,0	1988,5
Sils-Maria (Grisons)	1802	1,40	—7,49	0,64	10,08	2,43	—23,5 (10 fév.)	20,6 (30 juill. et 6 août)	44,1	937,6
Bernina-la Rösa (Grisons) (2)	1873	2,23	—4,20	0,88	9,92	2,34	—20,0 (3 jan.)	20,0 (8 août)	40,0	1183,0
Grimsel (Hospice, Berne)...	1874	1,51	—6,25	0,63	9,11	2,56	—26,0 «	19.1 (2 août)	45,1	2456,1
Simplon (Hospice, Valais) .	2008	1,07	—6.11	0,28	8,85	1,28	—22,5 (3 jan.)	19.2 (9 août)	41,7	813 0
Bernardin (Grisons)	2070	0,36	—6,51	—0,59	7,83	0,71	—24,0 «	17,0 (8 août)	41,0	1921,0
St. Gotthard (Hospice, Tessin)	2093	—0,62	—6,76	—1,98	6,60	—0,33	—26,0 «	17.6 (1 août)	43,6	1218,1
Julier (Grisons)	2244	—0,94	—8,63	—1,92	6,90	—0,12	—29,0 «	18,1 (2 août)	47,1	(3) (4)
St. Bernard (Couvent, Valais)	2478	—1,44	—8,02	—2,35	5,69	—1,08	—23,8 «	16,4 (1 août)	40,2	1577,8

[1] L'eau tombée n'a pas été notée au Rigi-Kulm en décembre 1863.
[2] L'eau tombée manque en novembre à la Bernina ; elle est incertaine en déc. 63 et juillet 64.
[3] L'eau tombée n'a pas été notée au St. Gotthard en mars et avril.
[4] L'eau de pluie et de neige n'a été notée au Mont Julier que de juin à octobre, et il y en est alors très-peu tombé.

NOTE

SUR LES

GLACIERS DE L'HÉMISPHÈRE SUD.

Je dois à l'obligeance de M. Desor la communication de la note suivante, extraite de la partie de l'intéressant ouvrage du docteur Ferd. de Hochstetter, qui traite des glaciers et de leur ancienne extension dans l'hémisphère austral. Cette note est tirée du premier volume de la partie géologique du voyage de la frégate autrichienne la *Novara*, volume qui contient un chapitre intitulé : *Les traces d'anciens glaciers*. M. Desor, en m'envoyant cette note, remarque avec raison qu'elle compléterait heureusement ce que j'ai dit sur ce sujet dans mon discours d'ouverture de la Société helvétique des sciences naturelles, prononcé le 21 août 1865 [1]. Je me fais donc un plaisir de l'insérer dans les *Archives*.

Toutefois je dois avouer que, s'il me fallait remplir toutes les lacunes que présente ce discours quant à la question géologique des glaciers, j'aurais beaucoup à faire. En effet, ayant eu surtout en vue de traiter le côté physique de la question des glaciers, je n'ai pu en aborder que très-sommairement le côté géologique. C'est ce

[1] Voyez ce discours dans le numéro de septembre des *Archives des sciences physiques*. T. XXIV, p. 48.

qui explique que je n'ai cité presqu'aucun des grands travaux qui envisagent cette face du sujet, sauf les tout premiers, tels en particulier que ceux de l'abbé Rendu, de MM. Godefroy, Mérian et surtout de M. Charles Martins qui, par ses nombreuses recherches, a fait faire tant de pas importants à cette face de la question. Mais il est un savant dont je tiens aussi à rappeler le nom à cette occasion ; quoique ne partageant pas toutes les opinions de M. Lecoq sur la cause de l'époque glaciaire, je ne puis méconnaître qu'il a contribué grandement à poser la question dans des termes qui, s'ils n'en donnent pas la solution complète, mettent bien sur la voie de la trouver. Enfin, je désire saisir cette occasion pour rappeler que les idées que j'ai émises sur ce sujet dans le discours que je viens de publier, ne sont que la reproduction de celles que j'avais déjà énoncées en 1851 dans une communication faite, à cette époque, à l'Académie des sciences de Paris[1]. La note qui m'a été transmise par M. Desor et qu'on va lire, ne fait que confirmer ce que je disais déjà alors sur les causes de l'apparition de l'époque glaciaire et de sa disparition. On verra, en effet, que pour expliquer cette époque il n'est nullement nécessaire de supposer un changement dans la température climatérique, mais qu'il suffit de la présence dans l'air d'une humidité considérable et permanente due à une proportion d'eau plus grande sur la surface de la terre, pour produire de grandes précipitations aqueuses sous forme de neige, en même temps qu'une beaucoup plus grande égalité de température entre l'hiver et l'été.

[1] Voyez *Comptes rendus de l'Académie des sciences de Paris*, t. XXXIII, p. 439.

Circonstances qui amènent nécessairement avec elles une très-grande extension des glaciers dans les vallées surmontées de hautes montagnes.

Voici maintenant la note en question :

« Les explorations hardies et persévérantes du Dr Haast dans les Alpes méridionales de la Nouvelle-Zélande sont les premières qui nous aient fait connaître les puissants glaciers de ces hautes montagnes, qui rivalisent en grandeur avec les glaciers des Alpes européennes. Les glaciers Forbes, Havelok, Clide, Asbburton, Tasman, Hooker, Müller, Hochstetter, Murchison, et beaucoup d'autres sont de puissants fleuves de glace alimentés par d'immenses champs de névé, dont la limite se trouve à 7500-7800 pieds au-dessus du niveau de la mer, et qui, sous une latitude de 43 à 44°, descendent jusqu'à 4000, 3000 et même 2800 pieds (les glaciers Tasman et Müller)[1], et c'est avec raison que Haast a fait remarquer que ces glaciers de la Nouvelle-Zélande étaient, relativement aux hauteurs et à la latitude géographique dans lesquelles ils se trouvent, beaucoup plus considérables que les glaciers des Alpes européennes, ce qu'il attribue au climat humide et océanique de la Nouvelle-Zélande et à sa basse température d'été[2].

[1] D'après des nouvelles récentes, M. A. Dobson aurait découvert sur le versant occidental des Alpes méridionales un glacier, — le glacier de Woiau, — venant du Mont Cook, qui descend même jusqu'à 500 pieds au-dessus du niveau de la mer et au bord duquel croissent des fougères arborescentes.

[2] Dans l'hémisphère sud, l'hiver est modéré, l'été pas très-chaud et la température est généralement plus uniforme. En même temps l'air est très-humide par suite de la proportion prépondérante des surfaces d'eau, et les pluies fréquentes et abondantes. C'est ce qui explique comment une végétation à laquelle il faut moins une

« La Nouvelle-Zélande ressemble à cet égard à l'extrémité la plus méridionale de l'Amérique où les glaciers descendent jusqu'à la mer, non-seulement dans la Géorgie du Sud au 54° de latitude, sur la Terre-de-Feu et au détroit de Magellan entre le 56° et 52°, par conséquent dans des latitudes qui correspondent à celles de l'Allemagne du Nord, de la Hollande, du Danemark et de l'Angleterre, mais même jusqu'au 48° et demi au sud

forte chaleur qu'une température uniforme sans gelée, s'approche, dans l'hémisphère sud, beaucoup plus de la limite des glaces éternelles que dans l'hémisphère nord, et que dans la Nouvelle-Zélande, par exemple, des palmiers et des fougères arborescentes prospèrent dans des contrées dans lesquelles la vigne, qui exige un été chaud, peut à peine mûrir ses raisins. C'est précisément un pareil climat qui favorise le plus la formation des glaciers, car une basse limite des neiges et un grand développement des glaciers sont déterminés, moins par une basse température moyenne de l'année, que par des condensations abondantes de l'humidité atmosphérique et par une faible température d'été. Nous ne devons donc pas nous étonner de voir une luxuriante végétation d'un caractère presque tropical s'avancer autant dans la zone tempérée, sous un climat qui permet à la limite des neiges éternelles d'arriver si bas et aux glaciers de descendre jusqu'à la mer. — Dans quelques milliers d'années, en présence d'un climat qui aurait été essentiellement modifié par les changements physiques qui ont lieu maintenant dans l'hémisphère sud au moyen de soulèvements et d'affaissements séculaires, les effets produits par ces glaciers seraient complétement inexplicables, à côté des restes fossiles de la flore actuelle, à quelqu'un qui ne pourrait pas remonter, par des faits géologiques, aux états antérieurs de la surface terrestre ou qui douterait de la possibilité de grands changements de niveau à cette surface. Il croirait peut-être devoir admettre qu'une catastrophe de température produite par des événements cosmiques a dû détruire cette végétation presque tropicale et amener une époque glaciaire. Il tomberait ainsi dans la même erreur que ceux qui veulent expliquer l'époque glaciaire de l'Europe par des influences cosmiques.

d'Eyres et à 46°40' dans le golfe de Penas dans une latitude qui n'est éloignée que de 9° d'une contrée où croît le palmier, à moins de 2° et demi d'herbes arborescentes, et, si l'on se reporte à la Nouvelle-Zélande, à moins de 2° des orchidées parasites et à moins d'un degré des fougères arborescentes.

« On pourrait donc dire avec raison, en comparant les conditions actuelles de l'hémisphère sud avec celles de l'hémisphère nord et en se reportant à la soi-disant époque glaciaire des pays du nord de l'Europe, qu'une époque glaciaire semblable continue encore aujourd'hui dans l'hémisphère sud. »

Comme on peut le voir par la note qui précède, les conditions climatériques qui ont dû produire en Europe l'extension des glaciers, se trouvent actuellement réalisées dans une partie de l'hémisphère sud et ont pour conséquence l'apparition d'énormes glaciers. C'est la meilleure confirmation de l'explication de l'époque glaciaire, que j'ai rappelée plus haut.

A. DE LA RIVE.

SUR LA DÉTERMINATION

DE LA DISGRÉGATION D'UN CORPS

ET LA VRAIE CAPACITÉ CALORIFIQUE

PAR

M. R. CLAUSIUS.

(Lu à la Société helvétique des Sciences naturelles à Genève, le 22 août 1865.)

Dans mon Mémoire « sur l'application du théorème de l'équivalence des transformations au travail intérieur[1], » j'ai introduit dans la théorie de la chaleur une quantité nouvelle relative à l'arrangement des particules d'un corps, que j'ai nommée la *disgrégation* du corps, et qui sert à exprimer le travail total que la chaleur peut faire, si des changements de l'arrangement ont lieu à des températures différentes. Supposons que l'état du corps subisse un changement infiniment petit, qui s'effectue d'une manière réversible, et nommons dL le travail total fait pendant ce changement; désignons de plus par T la température absolue du corps et par A l'équivalent calorifique du travail, alors nous aurons, comme je l'ai exposé dans le Mémoire cité, l'équation suivante :

$$dL = \frac{T}{A} dZ, \tag{1}$$

[1] *Annales de Poggendorff*, t. CXVI, p. 73 ; *Journal de Liouville*, 2e série, t. VII, p. 209 ; *Collection de mes Mémoires*, t. I, p. 242.

où Z est une quantité qui est complétement déterminée par l'état actuel du corps, sans qu'il soit nécessaire de connaître la voie par laquelle le corps est parvenu à cet état. Si l'état du corps est déterminé par deux quantités variables, Z sera une fonction de ces variables. C'est cette quantité Z que j'ai nommée la *disgrégation* du corps.

Le travail total L dont l'élément se trouve dans l'équation (1) est composé du travail intérieur et du travail extérieur que je désignerai par J et W. Le travail intérieur J est une quantité qui peut être exprimée, tout comme la disgrégation, par une fonction des deux variables qui déterminent l'état actuel du corps. Le travail extérieur W, au contraire, ne dépend pas seulement de l'état actuel du corps, mais aussi de la voie par laquelle le corps est parvenu à cet état.

Supposons que la température T et le volume v soient les deux variables qui déterminent l'état du corps, alors nous pourrons écrire :

$$dZ = \frac{dZ}{dT}\,dT + \frac{dZ}{dv}\,dv$$

$$dJ = \frac{dJ}{dT}\,dT + \frac{dJ}{dv}\,dv$$

Quant au travail extérieur dW, dans le cas où la seule force externe qui doit être surmontée pendant le changement d'état, est une pression p exercée à la surface du corps, on a l'équation suivante :

$$dW = p\,dv.$$

En introduisant ces valeurs de dZ, dJ et dW dans l'équa-

tion (1), après y avoir mis $dJ + dW$ au lieu de dL, on obtient :

$$\frac{dJ}{dT}\,dT + \left(\frac{dJ}{dv} + p\right) dv = \frac{T}{A}\left(\frac{dZ}{dT}\,dT + \frac{dZ}{dv}\,dv\right)$$

d'où suit :

$$(2)\quad \begin{cases} \dfrac{T}{A}\cdot\dfrac{dZ}{dT} = \dfrac{dJ}{dT} \\[2ex] \dfrac{T}{A}\cdot\dfrac{dZ}{dv} = \dfrac{dJ}{dv} + p. \end{cases}$$

De ces équations on peut tirer une expression très-simple du coefficient différentiel $\frac{dZ}{dv}$. Dans ce but nous différentions la première équation par rapport à v et la seconde par rapport à T ; on obtient :

$$\frac{T}{A}\cdot\frac{d^2Z}{dT\,dv} = \frac{d^2J}{dT\,dv}$$

$$\frac{1}{A}\cdot\frac{dZ}{dv} + \frac{T}{A}\cdot\frac{d^2Z}{dT\,dv} = \frac{d^2J}{dT\,dv} + \frac{dp}{dT}.$$

En retranchant la première de ces équations de la seconde et multipliant le reste par A, nous obtenons l'expression cherchée, à savoir :

$$(3)\qquad \frac{dZ}{dv} = A\,\frac{dp}{dT}.$$

Si l'on combine cette expression avec l'expression de $\frac{dZ}{dT}$ qui dérive de la première des équations (2), on peut former l'équation différentielle totale qui suit :

$$(4)\qquad dZ = \frac{A}{T}\,\frac{dJ}{dT}\,dT + A\,\frac{dp}{dT}\,dv.$$

Afin d'intégrer cette équation, nous prenons pour point de départ un état dans lequel la température et le volume sont T_0 et v_0, et nous désignons la valeur correspondant de Z par Z_0. Figurons-nous maintenant qu'en premier lieu la température varie de T_0 jusqu'à une valeur quelconque T, pendant que le volume reste invariablement v_0, et qu'en second lieu, à la température T, le volume varie de v_0 à v; alors en suivant, dans l'intégration, cette voie de changements d'état, nous obtenons :

$$(5) \quad Z = Z_0 + A\int_{T_0}^{T}\left(\frac{1}{T}\cdot\frac{dJ}{dT}\right)_{v=v_0} dT + A\int_{v_0}^{v}\frac{dp}{dT}\,dv.$$

J'ai comparé, dans mon Mémoire, la quantité Z, déterminée de la manière indiquée, avec une quantité que M. Rankine a désignée par F, et qui est définie par l'équation :

$$(6) \qquad F = \int \frac{dp}{dT}\,dv,$$

où l'intégration doit être prise, dans la supposition d'une température constante, depuis un volume initial donné jusqu'au volume actuel. J'ai dit que cette quantité F n'est pas identique à la quantité $\frac{1}{A}Z$, mais qu'elle en diffère, en général, par une fonction de T. On voit facilement que la fonction de T dont il s'agit est l'intégrale

$$\int_{T_0}^{T}\left(\frac{1}{T}\cdot\frac{dJ}{dT}\right)_{v=v_0} dT$$

qui se trouve dans l'expression de $\frac{1}{A} Z$ donnée par l'équation (5) et ne se trouve pas dans l'expression de F. J'ai ajouté que dans le cas où l'on a $\frac{dJ}{dT} = o$, ce qui arrive pour les gaz parfaits, les deux quantités peuvent être considérées comme égales.

Dans une exposition de la théorie mécanique de la chaleur de M. Paul de Saint-Robert, récemment publiée[1], cet auteur distingué énonce l'opinion que la différence entre F, et $\frac{1}{A} Z$ mentionnée par moi n'existe pas. Mais je ne puis acquiescer à son raisonnement, et je crois que les simplifications qu'il a introduites dans les formules par ce raisonnement ne sont pas généralement admissibles.

M. de Saint-Robert suppose que, si l'espace qu'on laisse libre au corps considéré devient très-grand, le corps sera, à chaque température, réduit à l'état de gaz parfait, c'est-à-dire à un état où il n'y a plus de travail intérieur et où l'on peut mettre, par conséquent, $\frac{dJ}{dT} = o$. Cela posé, si, dans l'équation (5), on prend comme état initial un état où le volume v_0 soit très-grand, on aura :

$$(7) \qquad \int_{T_0}^{T} \left(\frac{1}{T} \cdot \frac{dJ}{dT} \right)_{v=v_0} dT = 0.$$

[1] *Principes de thermodynamique*, par Paul de Saint-Robert. Turin, 1865.

et par là l'équation (5) se réduit à :

$$(8) \qquad Z = Z_0 + A \int_{v_0}^{v} \frac{dp}{dT} \, dv$$

Ainsi, on arrive au résultat que la quantité $\frac{1}{A} \cdot Z$ coïncide avec la quantité F définie par l'équation (6).

Mais on voit que la justesse de cette conclusion dépend de la justesse de la supposition qu'a faite M. de St-Robert. C'est donc sur celle-ci que doit principalement se porter l'attention.

M. de Saint-Robert dit à la fin de ses considérations (p. 91 de son livre), qu'il a supposé que tous les corps de la nature peuvent, au moyen de la chaleur, passer à l'état de gaz parfait, et il ajoute : « Quoiqu'il existe des corps réfractaires à nos moyens, nous sommes autorisés cependant à induire de toutes les expériences connues que tous les corps convergent, à mesure que leur température s'élève, vers cet état de gaz parfait ; ce qui suffit pour nos raisonnements. »

Ce passage ne correspond pas aux calculs qu'il a faits. Pour que l'équation (7), par laquelle l'équation (5) est réduite à l'équation (8), soit généralement exacte, il est nécessaire que l'on aie :

$$\frac{dJ}{dT} = 0,$$

non-seulement à des températures très-hautes, mais à toutes les températures considérées. On doit donc, pour admettre les formules de M. de Saint-Robert, supposer que chaque corps, *à chaque température*, passe à l'état

de gaz parfait, quand l'espace qui lui est donné pour l'expansion devient assez grand.

Cela me semble être inexact pour beaucoup de corps ; par exemple, pour un morceau de fer, de quartz ou d'un autre corps semblable, on ne pourra dire qu'à des températures basses il suffit d'augmenter le volume dans lequel il peut librement se dilater, pour le faire passer à l'état de gaz parfait.

Même des corps tels que l'eau, l'acide carbonique et d'autres liquides ou gaz composés, présentent, à cet égard, plus de difficulté qu'on ne le croirait peut-être au premier aspect. On sait, surtout par les belles expériences de M. H. Sainte-Claire Deville, que ces corps peuvent être dissociés par l'action de la chaleur. Cette dissociation exige sans doute du travail intérieur. Si donc on ne suppose pas qu'à des volumes très-grands il s'effectue, à chaque température, une dissociation complète, on ne pourra supposer non plus que l'équation

$$\frac{dJ}{dT} = 0$$

soit exacte à chaque température.

On voit par là qu'en général l'expression de $\frac{1}{A}Z$ tirée de l'équation (5) ne coïncide pas avec l'expression F donnée par l'équation (6), mais que c'est seulement dans des cas spéciaux que ces deux quantités peuvent être considérées comme égales, tout comme je l'ai dit de prime abord.

En terminant je me permettrai de dire encore quelques mots sur un autre sujet.

Il y a une différence essentielle entre mes opinions e

celles de M. Rankine sur la capacité calorifique vraie des corps. M. Rankine croit que la capacité calorifique vraie d'un même corps peut avoir des valeurs différentes, quand ses états d'aggrégation sont différents, tandis que j'ai exposé des raisons qui me font croire que la capacité calorifique vraie d'un corps doit être la même dans tous ses états d'aggrégation.

Maintenant M. de St-Robert fait la même supposition que la capacité calorifique vraie d'un corps est égale dans tous ses états, et que, par conséquent, la quantité de chaleur contenue dans un corps est proportionnelle à sa température absolue ; mais, au lieu de faire mention des raisons qui m'ont conduit à cette conclusion, il dit simplement (p. 83) : « La température t étant la manifestation extérieure de la chaleur H contenue dans un corps sous sa forme originaire de chaleur, il s'ensuit que toutes les fois qu'un corps a la même température, il doit avoir la même quantité de chaleur interne. »

Je ne peux croire que l'on considérera cette raison comme suffisante. Il ne me semble pas immédiatement clair que la manifestation extérieure de la chaleur doive être la même dans les divers états d'aggrégation. Si la conclusion dont il s'agit pouvait être tirée d'une manière si simple, certes un savant aussi ingénieux que M. Rankine ne serait pas d'une opinion contraire.

QUARANTE-NEUVIÈME SESSION

DE LA

SOCIÉTÉ HELVÉTIQUE DES SCIENCES NATURELLES

SECOND ARTICLE [1].

SEANCES DES SECTIONS DU 22 ET 23 AOUT 1865.

PHYSIQUE ET CHIMIE RÉUNIES.

Président : M. le Prof. A. MOUSSON, de Zurich.
Secrétaires : M. le Prof. HAGENBACH, de Bâle.
M. Marc DELAFONTAINE, de Genève.

M. le prof. *Wiedemann* communique ses recherches sur le magnétisme des sels de nickel, cobalt, fer et manganèse, qu'il a déterminé à l'aide d'une balance de torsion. Le magnétisme de ces sels en dissolution est proportionnel à la quantité dissoute ; une élévation de température de 0° à 100° le fait constamment diminuer de 0,325. L'auteur appelle *magnétisme spécifique* le magnétisme de l'unité de poids, et il trouve que pour les combinaisons homologues d'un même métal, le produit du poids atomique par le magnétisme spécifique est constant, ou en d'autres termes que chaque atome pos-

[1] Pour le premier article, voyez p. 32, *Archives*, septembre 1865.

sède le même magnéitsme. Il y a une relation intéressante entre le produit ci-dessus mentionné, pour des sels de de ces métaux appartenant à une même série isomorphe (homologues); cette relation est telle que si on représente celui du cobalt par $Co = a$, on aura

$$Co = a,\ Ni = a + b,\ Fe = a + \frac{b}{2},\ Mn = a + 2\,b.$$

Le magnétisme des sels de protoxyde de fer est plus grand que celui des sels de sesquioxyde: pour ces derniers la basicité du composé le fait diminuer, tandis que la présence d'un excès d'acide l'augmente.

M. le prof. *Schönbein* fait une communication sur les réactions de la *cyanine*[1].

La cyanine sur laquelle M. Schönbein a expérimenté, est une matière colorante dérivée de la leucoline ou de la lépidine, obtenue dans la fabrique de MM. Muller, à Bâle. Elle forme des cristaux d'un beau vert, qui se dissolvent facilement dans l'alcool, en produisant une dissolution bleu-violet foncé, douée d'un pouvoir tinctorial considérable, puisqu'elle peut communiquer sa couleur bleue à un grand volume d'eau. Une analyse, due à MM. Nadler et Merz, conduit, pour la cyanine, à la formule empirique $C^{56}\,H^{33}\,Az^{2}\,I$. L'eau teinte en bleu par la cyanine est un réactif excessivement sensible pour les acides, dont une trace suffit pour la décolorer d'une manière instantanée, tandis qu'une quantité également très-minime d'un alcali la fait revenir à son état primitif. L'action de l'acide sulfureux offre une particularité

[1] Ce travail de M. Schönbein est publié dans les *Actes de la Société des sciences naturelles de Bâle*, 4e partie, 2e cahier.

intéressante, à savoir que si l'on plonge dans un flacon de gaz sulfureux un papier bleui par la cyanine et encore humide, il se décolorera complétement, mais qu'il reprendra sa couleur par une agitation de quelques secondes à l'air libre. Une bande de papier bleuie comme la précédente est décolorée par le chlore, mais la couleur n'est pas détruite, car elle reparaît par une immersion dans les gaz ammoniac sulfhydrique ou sulfureux. La dissolution du cyanine est également décolorée par l'ozone; les acides arsénieux, sulfureux, sulfhydrique, cyanhydrique et pyrogallique font reparaître le bleu pour un temps plus ou moins court; la couleur est rétablie aussi, mais d'une manière durable, par le cyanoferrure et l'iodure de potassium, ainsi que par l'acide iodhydrique. La cyanine qui a subi l'action de l'ozone a acquis, entre autres propriétés nouvelles, celle de bleuir graduellement par une exposition à la lumière solaire; c'est pourquoi M. Schönbein lui donne le nom de *photocyanine*. L'acide plombique, et en général les corps que M. Schönbein appelle ozonides, se comportent de la même manière que l'air ozonisé.

Toutes les cyanines répandues dans le commerce ne sont pas identiques, car plusieurs d'entre elles ne se prêtent pas aux réactions exposées ci-dessus.

Le savant professeur termine son intéressante communication en montrant la décomposition de l'eau de chlore sous l'influence de l'éponge de ruthénium, influence tout à fait semblable à celle de la lumière, mais beaucoup plus énergique, puisqu'elle permet de recueillir en peu d'instants des quantités notables d'oxygène.

PHYSIQUE[1].

Président : M. le Prof. A. MOUSSON.
Secrétaires : M. le Prof. HAGENBACH.
M. Adolphe PERROT, de Genève.

M. le prof. *A. Descloizeaux*, de Paris, parle de l'étude des propriétés optiques biréfringentes des cristaux. La détermination exacte de la forme des cristaux soit naturels, soit artificiels, est d'une grande importance, surtout au point de vue des questions qui se rattachent à l'isomorphisme ou au dimorphisme. Cette détermination peut rester incertaine quand on a entre les mains des cristaux incomplets; mais l'incertitude disparaît quand, par suite de la transparence du corps, on peut joindre à l'examen cristallographique des épreuves optiques convenables. Les plus décisives de ces épreuves consistent à rechercher :

1° Si la substance jouit ou ne jouit pas de la double réfraction ;

2° Dans le cas de la double réfraction, si celle-ci est à un ou à deux axes optiques;

3° Dans le cas de deux axes optiques, l'orientation du plan qui les contient et surtout la position des bissectrices par rapport aux axes cristallographiques.

M. Descloizeaux discute ensuite la valeur, par rapport à la détermination des espèces, de plusieurs autres caractères, tels que l'écartement des axes, le sens positif ou négatif de l'axe unique ou de la bissectrice, etc. ; puis il décrit les appareils et les procédés les plus convena-

[1] Après les deux communications qui précèdent, les sections de chimie et de physique se sont séparées.

bles pour entreprendre les recherches énumérées plus haut.

L'étude des propriétés optiques est encore très-précieuse pour la détermination des cristaux dépourvus de modifications et aussi pour celle des formes-limites, telles que les rhomboèdres très-voisins du cube, et les octaèdres carrés ou les rhomboèdres basés assez voisins de l'octaèdre régulier pour qu'on ne puisse les en distinguer géométriquement; leur action sur la marche des rayons lumineux les différencie très-nettement les uns des autres, fait dans lequel on trouve une preuve de l'incompatibilité des six systèmes cristallins.

M. Descloizeaux a examiné les modifications provoquées par une élévation de température dans les propriétés biréfringentes des cristaux, et il a trouvé :

1° Sur 69 cristaux en prisme rhomboïdal droit, 21 à déplacement notable des axes optiques avec forte dispersion des axes correspondant aux diverses couleurs (exemple : mycose, autunite, sorbine, sillimanite, nitre, pérowskite); — 8 à déplacement notable avec dispersion faible (cordiérite, harmotome, citrate de soude, sulfate de potasse); — 9 à déplacement faible avec dispersion forte (santonine, staurotide, arragonite, anglésite, exitèle; prussiate rouge de potasse); — 11 à déplacement faible avec dispersion faible ou nulle (mica, antigorite, strontianite, mésotype); — 5 sans déplacement, avec dispersion notable (karsténite, wöhlerite, hyposulfate de soude); — 15 sans déplacement, avec dispersion très-faible ou nulle (bronzite, hypersthène, glucosate de sel marin, libéthénite, talc, stilbite, thomsonite).

2° Sur 24 prismes rhomboïdaux obliques ayant leurs axes optiques compris dans le plan de symétrie, 14 à dé-

placement plus ou moins grand des axes optiques avec déplacement notable de leur bissectrice (gypse, glaubérite, orthose de l'Eifel, sucre de canne); — 1 à écartement notable des axes, sans déplacement sensible de la bissectrice (pargasite); — 1 à léger écartement des axes, avec déplacement très-faible de la bissectrice (sphène); — 6 sans changement apparent dans la position des axes ou de la bissectrice (datholite, malachite, laumonite, wollastonite, wagnerite).

3° Sur 16 prismes rhomboïdaux obliques dont les axes optiques sont dans un plan parallèle à la diagonale horizontale, 5 offrent un rapprochement très-notable des axes (adulaire, glaubérite, huréaulite); — 3 un rapprochement très-faible (monazite, taurine); — 2 un écartement notable (heulandite, gay-lussite); — un écartement très-faible (baryto-calcite, borax, brewstérite); — 3 sans changement appréciable (castor, sulfate de cadmium).

4° Sur 5 prismes doublement obliques, 2 offrent un léger écartement des axes (albite, axinite); — 3 n'éprouvent aucun changement (disthène, ambligonite, sassoline).

5° Sur onze cristaux uniaxes à plages d'apparence biaxe, aucun n'éprouve le moindre changement, pas plus qu'il ne présente de dispersion. Cette nullité d'action permet de distinguer immédiatement les pennines (rhomboédrique) du clinochlore (prisme rhomboïdal oblique), avec lequel elles ont une si grande ressemblance extérieure.

En résumé, aucun cristal uniaxe n'est modifié par la chaleur par ses plages à apparence biaxe; un petit nombre de cristaux biaxes à axes rapprochés et sans dispersion sont dans le même cas. Dans les cristaux en prisme

rhomboïdal droit, une forte dispersion des axes est en général accompagnée par une modification notable dans l'écartement de ceux-ci sous l'influence de la chaleur; cependant une dispersion forte peut être accompagnée d'un changement faible, et *vice versâ*. Le plus rare est une dispersion forte sans déplacement des axes (5 fois sur 69).

M. le prof. *Dove*, de Berlin, à l'occasion de la communication de M. Descloizeaux, indique deux méthodes pour distinguer les cristaux à un axe et ceux à deux axes.

M. le prof. *C. Cellérier* fait une communication au sujet d'un pendule à réversion qui se trouve maintenant à l'observatoire de Genève, et qui doit servir à mesurer la force de la pesanteur dans diverses localités de la Suisse. Cet appareil permet d'éviter les erreurs dues à la présence de l'air, les seules qui aient une importance réelle. La résistance est plus forte pendant la période descendante de l'oscillation, à cause de la vitesse acquise par l'air ambiant; il en résulte un effet spécial, assimilable à un accroissement de la poussée, accroissement variable, inconnu, qui peut aller jusqu'à la doubler et au delà. Or son effet est d'altérer de plus d'un millimètre la valeur calculée de la gravité; ce qui laisse quelque incertitude sur les mesures anciennes.

Dans le pendule nouveau, la suspension se fait tour à tour par deux couteaux, centres d'oscillations réciproques; la forme est symétrique, la masse ne l'est pas; la durée d'oscillation qui correspond à la distance des couteaux prise pour longueur du pendule, est altérée soit par la résistance de l'air, soit par d'autres causes; mais

on peut démontrer que, pour les deux modes de suspension, les altérations sont inverses des bras de levier, ce qui permet, par les deux observations, de calculer la durée théorique réduite au vide, au moyen de formules très-simples.

M. le prof. *L. Dufour* donne quelques renseignements sur les expériences qu'il a faites en vue d'étudier les courants électriques terrestres au moyen d'un fil télégraphique allant de Lausanne à Berne. M. Dufour rappelle qu'il s'agit essentiellement d'*essais* ayant pour but de voir comment des recherches définitives devraient être conduites. Parmi les résultats obtenus, il cite les suivants :

1° Le courant terrestre était plus ordinairement dirigé de Berne à Lausanne que dans la direction inverse. Le fait peut provenir de diverses circonstances : inégale situation des plaques métalliques dans le sol, altitude inégale des deux stations, situation plus boréale de Berne (27,000^{m}), dans le sens du méridien magnétique.

2° Le courant terrestre varie d'intensité d'un moment à l'autre. Des courbes placées sous les yeux de la Section montrent la variation.

3° La variabilité du courant est sensiblement plus grande le matin que le soir.

4° Des essais ayant pour but de produire des courants de polarisation sur la ligne Lausanne-Berne n'ont jamais donné de résultats positifs. En se servant de plaques de terre très-peu éloignées (50^{m}), M. Dufour a obtenu, au contraire, des courants de polarisation très-prononcés.

M. le prof. *Volpicelli*, de Rome, présente un mémoire

intitulé : *Rectification du coefficient de condensation munément adopté pour le condensateur voltaïque.*

En considérant le cas le plus simple du condens de Volta, soient :

γ_1 la charge induisante communiquée au plateau lecteur par une source d'électricité *inépuisée* et *tante ;*

v_1 la partie de cette charge, que l'on peut conc comme étant absolument captive ou dissimulée ;

c_1 l'autre partie de la première charge qui est ab ment libre, c'est-à-dire que recevrait le plateau lui-m s'il communiquait tout seul avec la source ;

γ_2 la charge induite dans le plateau condensant, en communication avec un corps constamment nei

m un nombre moindre que l'unité.

Si l'on suppose qu'en faisant communiquer le pla collecteur avec un corps *sensiblement* neutre, tandis le plateau condensant est isolé, la seule charge c_1 d raisse du premier plateau, et qu'il conserve la charg tout entière, *supposition* qui n'a pas été jusqu'à pré soumise à l'expérience, on arrive aux deux équat suivantes :

$$\gamma_1 = \frac{1}{1-m^2}c_1, \quad \gamma_2 = -\frac{m}{1-m^2}c_1,$$

que l'on rencontre dans tous les traités de physique par suite, le coefficient de condensation doit être :

$$\frac{1}{1-m^2}$$

Mais, en réfléchissant, on voit : 1° Que si l'on communiquer le plateau collecteur avec un corps à l neutre, l'équilibre électrique entre les deux se trou

2° Que la perte c_1, faite dans ce cas par le plateau collecteur, doit produire une modification dans la charge γ_1 du plateau condensant. 3° Que cette modification consiste en ce qu'une partie de la charge γ_2 devient libre. 4° Que ce dernier fait a pour conséquence la mise en liberté d'une partie de la charge $\gamma_1 - c_1$, restée sur le plateau collecteur, afin que l'équilibre électrique soit rétabli entre ces deux plateaux. De tous ces faits, on déduit aisément qu'en faisant communiquer le plateau collecteur avec un corps sensiblement neutre, tandis que le plateau condensant est isolé, la charge perdue par le premier de ces deux plateaux est plus grande que c_1, contrairement à la supposition généralement adoptée. Au contraire, si l'on applique ce principe, que l'action est toujours égale et contraire à la réaction, nous pourrons poser :

$$v_1 = -\gamma_2,$$

et l'on arrive alors aux formules

$$\gamma_1 = \frac{1}{1-m} c_1, \quad \gamma_2 = \frac{-m}{1-m} c_1;$$

et le nouveau coefficient de condensation doit être :

$$\frac{1}{1-m}$$

au lieu de la valeur indiquée précédemment.

M. Volpicelli a fait deux séries d'expériences dont les résultats confirment l'exactitude de ces dernières formules.

Il termine sa communication par quelques observations à l'appui de sa théorie qui admet que l'électricité dissimulée est privée de tension et cite en particulier l'expérience suivante :

On prend le plateau supérieur pour collecteur, on

charge comme à l'ordinaire l'instrument, en faisai
muniquer avec le sol l'autre plateau placé sous
mier. Ensuite, supprimant cette communicatio
donne avec un *très-petit* plan d'épreuve, au plat
duit, une très-faible charge électrique de mêm
que l'induisante, c'est-à-dire de nom contraire
duite ; aussitôt la feuille d'or donne des signes
sion. Donc l'électricité induite n'a point neutralis
charge communiquée par le plan d'épreuve, bien
fût très-faible, relativement à la première; donc l'
n'a point de tension, et peut *coexister* avec l'électr
nom contraire sans se neutraliser avec elle.

M. le prof. *R. Clausius* lit une note sur la di
tion des corps [1].

M. le prof. *J. Tyndall*, de Londres, a répété
la Société ses expériences sur les radiations obsc
lumineuses [2].

M. le colonel *E. Gautier* lit une note sur la co
tion du Soleil [3].

M. le prof. *Lissajous*, de Paris, résume les pr
fondamentaux de la méthode qui lui a permis c

[1] Cette note est reproduite en entier dans ce numér
p. 119).

[2] Ces expériences, qui sont connues des lecteurs de ce
(voyez *Archives*, 1865, t. XXII, p. 41), ont été effectuée
Tyndall dans le laboratoire de M. A. de la Rive, à la fi
séance du mardi 22 août.

[3] Nous avons publié ce travail dans notre précédent n
(voyez p. 21).

l'étude des phénomènes acoustiques, non plus en jugeant des sons par l'ouïe, mais bien par la vue. Il insiste surtout sur la partie pratique de la méthode et donne pour la description des divers appareils qu'il a imaginés ce genre de recherches.

M. le prof. *A. Gautier* présente un travail sur les résultats des observations faites en 1864 dans 74 stations météorologiques suisses[1].

M. *G. Hasler* fait la démonstration d'un appareil qu'il a construit sur les indications de M. Wild.

Cet appareil a pour but d'enregistrer automatiquement les observations météorologiques : température, hauteur barométrique, vitesse et direction du vent, quantité d'eau tombée, etc.

M. *Cauderay* fait une communication sur les procédés électrochimiques qu'il emploie pour l'appointissage des aiguilles et des épingles ; il fait circuler des échantillons des produits qu'il a déjà obtenus.

CHIMIE.

Président : M. le Prof. SCHŒNBEIN, de Bâle.
Secrétaires : MM. le Prof. SCHWARZENBACH, de Berne.
Marc DELAFONTAINE, de Genève.

M. le prof. *E. Frankland*, de Londres, fait, en anglais, une communication sur la constitution des acides appartenant aux séries acétique, lactique et acrylique.

[1] Le mémoire de M. A. Gautier est imprimé dans ce numéro (voyez p. 97).

Ses recherches sur ce sujet ont été faites en commun avec M. *Duppa* [1]. Ils ont réussi à obtenir de l'acide acétique lui-même, les membres les plus élevés de sa série, par la substitution, dans cet acide, atome pour atome, des radicaux alcooliques (méthyle, éthyle, etc.) à l'hydrogène. Ils ont construit de la même manière, en grand nombre, des membres nouveaux de la série lactique par la substitution à un atome d'oxygène (O = 16) de l'acide oxalique des atomes des radicaux alcooliques, et ils ont aussi produit plusieurs membres de la série acrylique, par l'abstraction d'un atome d'eau dans la série précédente.

Ces recherches ont conduit aux conclusions suivantes :

1° Les acides des trois séries en question sont construits sur le type radical ; ce sont tous des doubles radicaux composés d'un constituant positif (basylous), et d'un constituant négatif (chlorous).

2° Le membre négatif est le même dans tous, et il consiste en un atome de méthyle, dont deux atomes d'hydrogène sont remplacés par un d'oxygène, et l'autre par un atome d'hydroxyle, ainsi :

$$C \left\{ \begin{matrix} O'' \\ O\,H \end{matrix} \right.$$

C'est ce constituant négatif qui détermine la basicité de ces acides.

3° Le nombre positif est variable, soit homologuement, soit hétérologuement. La variation homologue produit

[1] Voy. *Proceed. Royal Soc. Lond.* XII, 396 ; XIII, 140 ; IV, 17, 79, 83, 191 et 198. *Journ. Chem. Soc.* XVIII, 133.

les différents membres de chaque série. Ainsi, dans la série acétique, nous avons :

$$\left\{\begin{array}{l} C \left\{\begin{array}{l} H \\ H \\ H \end{array}\right. \\ C \left\{\begin{array}{l} O'' \\ OH \end{array}\right. \end{array}\right. \qquad \left\{\begin{array}{l} C \left\{\begin{array}{l} C\,H^3 \\ H \\ H \end{array}\right. \\ C \left\{\begin{array}{l} O'' \\ O\,H \end{array}\right. \end{array}\right. \qquad \left\{\begin{array}{l} C \left\{\begin{array}{l} C^2H^5 \\ H \\ H \end{array}\right. \\ C \left\{\begin{array}{l} O'' \\ O\,H \end{array}\right. \end{array}\right.$$

Acide acétique. *Acide propionique.* *Acide butyrique.*

D'autre part, sa variation hétérologue donne naissance aux différentes séries d'acides, dont les acétique, lactique et acrylique sont des exemples. Dans la série acétique, le constituant positif est toujours ou du méthyle, ou un radical alcoolique en dérivant (sauf dans l'acide formique où il est de l'hydrogène). Dans la série lactique, c'est un radical alcoolique dérivé du méthyle dans lequel un des atomes typiques d'hydrogène est remplacé par l'hydroxyle(O H) ; tandis que dans la série acrylique c'est un radical alcoolique semblable, dans lequel deux des atomes typiques d'hydrogène sont remplacés par un membre diatomique de la famille du gaz oléfiant.

Les relations de ces trois séries d'acides entre elles et avec le méthyle peuvent donc être exprimées de la manière suivante.

SÉRIE ACÉTIQUE. SÉRIE LACTIQUE.

$$C^2\left\{\begin{array}{l} H \\ H \\ H \\ \hline H \\ H \\ H \end{array}\right. \qquad C^2\left\{\begin{array}{l} H \\ H \\ H \\ \hline O'' \\ O\,H \end{array}\right. \qquad C^2\left\{\begin{array}{l} H \\ H \\ O\,H \\ \hline O'' \\ O\,H \end{array}\right. \qquad C^2\left\{\begin{array}{l} H \\ C\,H''_2 \\ \hline O'' \\ O\,H \end{array}\right.$$

Méthyle. *A. acétique.* *A. glycollique.* *A. acrylique.*

M. le prof. *J. Persoz*, de Paris, entretient la section de ses vues sur la formation et la constitution des acides.

Un grand nombre de chimistes considèrent ou considéraient les acides comme provenant tous de l'oxydation directe des éléments (acides minéraux) ou de radicaux en jouant le rôle (acides organiques). M. Persoz s'est depuis longtemps élevé contre cette manière de voir: à l'égard des acides minéraux, il a montré que, si plusieurs d'entre eux prennent naissance par l'oxydation directe d'un corps simple (acide sulfureux, par exemple), il en est d'autres qui ne se forment que par des voies indirectes telles, par exemple, que l'action de l'oxygène naissant, etc. L'orateur formule à part, dans ces acides, une partie de l'oxygène qui n'y est évidemment pas dans le même état que le reste (l'acide sulfurique SO^3 devient $SO^2 + O$). Quant à ce qui concerne les acides organiques, M. Persoz croit pouvoir poser en principe qu'aucun d'eux n'est le produit de l'oxydation d'un radical. En tenant compte des divers modes de décomposition de l'acide acétique, ce chimiste a été amené à voir dans celui-ci, non plus du carbone, de l'oxygène et de l'hydrogène, mais bien du carbone, de l'hydrogène, de l'oxyde de carbone et de l'acide carbonique, combinés d'une manière intime, mais susceptibles d'être dissociés dans un ordre déterminé, ce qui permet de se rendre compte de l'action de l'eau, et des bases soit à froid, soit à chaud sur l'acide acétique.

Tous les acides organiques sont engendrés par des réactions qui reviennent, au fond, à mettre en présence l'acide carbonique avec l'hydrogène ou ses carbures; la synthèse de l'acétate de soude opérée par M. Wanklyn, au moyen de l'acide carbonique et du sodium-méthyle, vient à l'appui de cette manière de voir. L'acide carbonique est donc le générateur de tous les acides végétaux ou animaux. Pour pouvoir mieux expliquer les phéno-

mènes auxquels donne lieu la décomposition de ces acides, M. Persoz a adopté la disposition d'un parallélogramme divisé en trois ou quatre compartiments : dans celui de gauche (cellule primaire) est inscrite la formule du radical de l'acide dont les éléments peuvent varier ; dans les deux ou trois autres, à droite (cellules secondaires), figurent les volumes d'oxyde de carbone et ceux d'hydrogène qui sont susceptibles d'entrer en mouvement ; enfin, en regard du parallélogramme figure, avec l'oxyde de carbone, l'oxygène polaire qui lui est associé et qui détermine la capacité de saturation de chaque acide. Un grand nombre d'exemples pris dans les différents groupes d'acides sont mis sous les yeux de l'assemblée ; en voici deux :

L'acide acétique $C^4 H^3 O^3$, HO devient :

$C^3 H^2$	$\frac{H}{CO}$	$CO + O + aq.$

L'acide carbonique résulte de l'action de deux équivalents d'acide carbonique sur l'ammoniaque : $Az H^2 C^2 O^3$, HO.

Az H	$\frac{H}{CO}$	$CO + O + aq.$

M. le prof. *Piccard*, de Zurich, fait connaître un dépôt ou gisement de phosphate de chaux en noyaux ou rognons dans les couches du gault d'Yberg, près d'Einsiedeln (Schwytz). Ces morceaux sont sûrement des coprolites d'animaux vivant à cette époque dans les mers de la Suisse, et que la suite des temps a métamorphosés

en les rendant plus compactes ; leur teneur en phosphate de chaux varie de 10 à 30 et même 42 pour °/₀. L'agriculture moderne consomme des quantités énormes d'engrais qu'elle emprunte aux déjections animales, aux champs de bataille (ossements), aux îles de guano, aux dépôts de coprolites et aux bonebeds ; toutes ces sources sont ou insuffisantes ou en voie de s'épuiser, et c'est en vue de les remplacer en quelque mesure, pour notre pays, que M. Piccard a fait des recherches qui l'ont conduit à la découverte des dépôts d'Yberg.

Le même membre fait connaître un phosphate bibasique de chaux en cristaux petits, mais mesurables cependant, obtenus par l'action sur le phosphate tribasique d'une quantité d'acide chlorhydrique insuffisante pour en transformer plus de la moitié en phosphate monobasique. Ces cristaux ont pour formule : HO, 2 Ca O + PhO^5, on peut les considérer comme résultant de l'union d'une molécule du sel tricalcique avec une du sel monocalcique :

$$\left.\begin{matrix} CaO \\ CaO \\ CaO \end{matrix}\right\} PhO^5 + \left.\begin{matrix} CaO \\ HO \\ HO \end{matrix}\right\} PhO^5 = 2 \left.\begin{matrix} CaO \\ CaO \\ HO \end{matrix}\right\} PhO^5.$$

M. Piccard montre, en outre, un petit appareil destiné à accélérer les filtrations lentes et en particulier celle des précipités gélatineux. Cet appareil consiste en un tube qui s'ajoute en prolongation de celui de l'entonnoir, et qui est courbé de telle sorte, que sa forme est celle de deux branches placées sur une même ligne droite et reliées par un anneau.

M. *Marc Delafontaine* présente un petit échantillon d'indium métallique et un d'oxyde anhydre de même

métal, qui lui ont été donnés par M. Reich, à Freiberg. Il rappelle à cette occasion les propriétés de l'indium et ses réactions les plus caractéristiques.

GÉOLOGIE.

Président : M. le Prof. Studer, de Berne.
Secrétaires : MM. P. de Loriol, de Genève.
Casimir Mœsch, de Zurich.

M. *C. Mayer* donne la coupe du terrain crétacé de la vallée de Justi, dans l'Oberland bernois. A la base de couches évidemment néocomiennes, il en rencontre d'autres qu'il regarde comme valangiennes, en se basant, soit sur leur position stratigraphique, soit sur la présence de quelques fossiles valangiens, entre autres de la *Terebratula Collinaria,* d'Orb.

Ces conclusions donnent lieu à une discussion étendue à laquelle prennent part MM. *Lory, Renevier, Escher, Cotteau, Ducret.* M. *Pictet* ne croit pas que les couches inférieures du Justithal soient l'équivalent exact du valangien du Jura. Cet étage, avec ses fossiles les plus caractéristiques, n'a encore été constaté que dans une région peu étendue, et l'on a, suivant lui, un peu dépassé l'enseignement direct fourni par les faits, en attribuant ce nom à quelques gisements qui en diffèrent d'une manière notable au point de vue paléontologique. M. *Desor*, au contraire, attribue une importance stratigraphique plus grande au valangien, qui a un caractère d'homogénéité et de constance remarquable.

M. le prof. *A. Favre* donne des détails sur une couche récemment retrouvée au Salève, où elle avait

été signalée précédemment par M. Mousson; elle est supérieure à l'urgonien, et renferme des fossiles assez mal conservés qui semblent se rapprocher de ceux du terrain nummulitique; mais on n'y a pas rencontré jusqu'ici de nummulites.

M. le prof. *Capellini*, de Bologne, expose le résultat de ses études sur les Phyllites du Nebraska; il les a rencontrées à un niveau inférieur à la craie à *Inoceramus concentricus*, et il a pu y recueillir de nombreux végétaux fossiles, sur lesquels M. le prof. *Heer* donne quelques renseignements. Aucune des espèces déterminées ne se retrouve en Europe; leur ensemble offre des rapports avec la flore tertiaire et aussi avec celle du crétacé supérieur. M. Heer estime, du reste, que ces deux flores ont entre elles des relations plus étroites qu'on ne le croit généralement.

M. le prof. *Heer* présente ensuite 50 planches de sa flore primaire et secondaire de la Suisse; elles sont consacrées aux plantes du terrain carbonifère, du Keuper, des couches jurassiques et crétacées, et aussi à celles du Flysch; il ajoute quelques observations sur le caractère de ces diverses flores.

M. *Cotteau*, d'Auxerre, qui vient de terminer dans la *Paléontologie française* la description des Oursins réguliers du terrain crétacé de France, expose les résultats de ce vaste travail au point de vue géologique. Il a décrit et fait figurer 242 espèces, dont aucune, jusqu'à présent du moins, ne se retrouve soit dans les terrains jurassiques, soit dans les terrains tertiaires. Généralement

les espèces sont assez localisées dans les divers étages, quelques-unes seulement passent d'un étage à l'autre.

M. le prof. *Desor* rappelle les preuves à l'appui de la théorie de M. Escher, d'après laquelle le fœhn, arrivant du Sahara, aurait eu une grande part à la fonte des glaces de l'époque glaciaire. Une des causes de ce phénomène aurait été, par conséquent, le dessèchement de la mer Saharienne. M. Desor combat les objections faites à cette théorie et en particulier l'opinion de M. Dove, lequel estime que c'est la partie tropicale de l'Océan Atlantique, et non le Sahara qui nous envoie des vents chauds.

M. *B. Dausse,* de Paris, fait observer que les lacs des Alpes ont beaucoup diminué et que l'air ambiant, rendu par là moins humide, a dû contribuer à la réduction des anciens glaciers. Les lacs des Alpes se sont, en effet, abaissés par l'érosion et la rupture de leurs bords, la plupart à plusieurs reprises, entre lesquelles ils ont stationné à des niveaux qui sont encore souvent reconnaissables par la disposition des couches de dépôts. Ainsi, on trouve des traces de l'ancien niveau du lac d'Orta et du lac Majeur, qui indiquent que ces deux lacs, ainsi que ceux de Varèze et de Lugano, devaient former jadis un seul lac immense, dont le niveau dominait d'environ 250 mètres le niveau actuel du lac Majeur.

M. *Renevier* et M. *Ball* présentent quelques observations relatives au même sujet.

M. le prof. *Favre* fait une communication sur la limite supérieure du niveau des blocs erratiques dans la vallée du Rhône depuis le val Ferret jusqu'aux plaines de la

France, au delà de Belley, sur une longueur de 250 kilomètres. Cette limite est très-élevée dans le val Ferret, sa pente est rapide jusqu'à Martigny; elle est moins forte jusqu'à Villeneuve. A partir de ce point elle se maintient horizontale à l'élévation d'environ 1200 mètres au-dessus du niveau de la mer, jusqu'au Colombier, en dessus de Seyssel; au delà de Belley, les blocs erratiques atteignent encore le niveau de 1000 mètres. M. Favre conclut que le glacier présentait une surface à peu près horizontale sur une longueur d'environ 180 kilomètres et formait ce qu'il appelle un *glacier-lac*. Il avait pour cause les obstacles formés par le mont de Sion, le Jorat, etc., élevés d'environ 600 mètres, par-dessus lesquels la glace devait passer pour trouver un écoulement.

La communication de M. Favre donne lieu à une discussion prolongée à laquelle prennent part MM. *Escher*, *Dollfuss*, *Martins*, *Tyndall* et *Ball*.

M. *de Mortillet*, de Paris, explique une coupe prise à Saint-Jean près Genève, dont l'examen l'amène à conclure que le creusement actuel du lac Léman doit être attribué à l'action glaciaire. Sa dépression aurait été produite à une époque antérieure, puis remplie de gravier par des cours d'eau et déblayée ensuite par le glacier.

M. *Gillièron* donne quelques détails sur ses courses récentes dans le canton de Fribourg, et entre autres sur les relations du trias et de l'infralias, entre lesquels il n'a pu observer une ligne de démarcation bien sensible.

M. le prof. *Lory*, de Grenoble, fait observer que dans le Dauphiné, la limite entre le trias et l'infra-

lias est beaucoup plus tranchée. En Lombardie, les couches à *Batrillium* se trouvent constamment à la base de l'infralias, ainsi que le fait remarquer M. *Capellini.*

M. Lory indique encore un moyen de reconnaître les dolomies et les cargneules triasiques : dissoutes dans un acide, elles laissent un résidu dans lequel on observe des cristaux microscopiques de feldspath. Ces cristaux ne se retrouvent pas dans les calcaires liasiques traités par le même procédé.

M. *E. Dupont*, de Dinant, fait une communication sur le terrain quaternaire de la Belgique, tel qu'il l'a observé dans les cavernes. Les sables, les cailloux roulés, les argiles inférieures renferment des fossiles appartenant à des espèces perdues *Elephas primigenius, Ursus spelæus*; dans les deux divisions du loess, l'une jaunâtre inférieure, l'autre brunâtre supérieure, se rencontrent des espèces vivant encore, mais habitant d'autres zones (le renne), ainsi que des débris d'industrie humaine.

M. *Delanoue,* de Paris, présente des observations sur le même sujet et insiste, en particulier, sur la division du loess en deux couches très-différentes, soit par leur composition chimique, soit par leur distribution topographique. Le loess supérieur est brunâtre et ne contient pas de calcaire, l'inférieur est jaunâtre.

M. le prof. *F. Lang* donne des explications sur l'origine des cluses dans le Jura ; il les divise en trois classes : celles de la première auraient été produites par la rupture d'une voûte, celles de la seconde par une torsion de l'axe de la montagne, celles de la troisième

par un soulèvement par ondulations de la base entière de la chaîne. M. Lang appuie ses vues théoriques par de nombreux exemples.

M. *Lory* fait observer que dans les Alpes de la Savoie et du Dauphiné, les cluses peuvent se coordonner suivant deux directions, l'une du S.-O. au N.-E, l'autre du S.-E. au N.-O., correspondant à des crêts situés dans une partie plus méridionale des Alpes.

M. le prof. *Oppel*, de Munich, présente un crustacé nouveau, *Neosoma Edwardsii*, Oppel, provenant des couches de Stramberg, qui terminent dans les Alpes la série jurassique. Ce crustacé, de la famille des Isopodes, a beaucoup de rapports avec les Trilobites. Jusqu'à présent on ne connaissait aucune espèce d'Isopode se rapprochant autant des Trilobites; ce fossile intéressant trouvé à Tichau, dans le nord des Carpathes, forme comme un trait d'union entre les crustacés secondaires et les crustacés palæozoïques.

M. le prof. *Studer* donne des détails sur la molasse marine des environs de Berne, qui est superposée à la molasse d'eau douce des environs de Lausanne et de Genève.

De nombreuses observations de MM. *Favre*, *Meyer*, *Gilliéron*, *Renevier*, *Desor*, *Jaccard*, suivent la communication de M. le prof. Studer.

M. *Cas. Mœsch* présente la coupe d'une carrière près de Flaach, dans le canton de Zurich, dans laquelle on peut étudier en détail la formation tertiaire d'eau saumâtre; il conclut de ses observations que l'âge des mo-

lasses marines ne doit pas être très-différent de celui des molasses d'eau douce, et qu'une séparation tranchée de ces deux formations ne saurait guère être justifiée.

M. le prof. *Albert Müller* expose une manière nouvelle d'expliquer les fissures du Jura dans le canton de Bâle. Il les attribue à une pression de la partie la plus septentrionale de la chaîne du Jura contre le prolongement le plus méridional du massif de la Forêt noire.

M. Müller expose ensuite le résultat de ses observations sur le gisement, la composition et le mode de formation des masses cristallines des vallées de Madrano, d'Etzli et de Tellit.

M. *Pillet,* de Chambéry, donne des détails sur le terrain argovien des environs de Chambéry. Il a reconnu des couches renfermant des fossiles nombreux, dont un grand nombre se retrouvent en Argovie; seulement, en Savoie, l'étage argovien paraîtrait réduit à une épaisseur de 5 à 6 mètres; on ne peut y reconnaître les couches nombreuses distinguées par M. Mœsch, et leurs fossiles caractéristiques s'y retrouvent, mais mélangés.

M. le prof. *Escher* (*de la Linth*), met sous les yeux des membres de la section les feuilles XV et X de la carte Dufour, comprenant une partie des Grisons, coloriées géologiquement par M. le prof. Théobald, de Coire, et donne des explications sur les diverses formations de cette partie de la chaîne des Alpes, dont la géologie présente de grandes difficultés.

M. le prof. *Favre* dépose une note étendue de M. le

Ch. Haidinger, sur l'Institut géologique impérial de Vienne.

M. le prof. *Mohr,* de Bonn, entretient la section de ses recherches sur l'acide silicique et sur la nature des silicates. Tous les silicates qui, par la calcination, perdent de leur poids spécifique, de même que ceux qui contiennent des minéraux dont cette opération change la nature, ont été soumis à la calcination. M. Mohr arrive à conclure de ses nombreuses expériences que le terme de roche *éruptive* n'a aucune signification et ne peut se justifier, qu'il n'y a point d'état primitif, qu'il n'y a pas de périodes géologiques, mais que toutes les formations ont existé ensemble dans tous les temps. Le limon des fleuves, qui se dépose actuellement dans les mers, est aussi ancien que le granit du Mont-Blanc et de la Jungfrau.

M. *Ducret,* d'Annecy, présente un échantillon de quartz épigénique offrant la forme et le clivage du spath fluor provenant du terrain oolithique.

Il présente aussi des *Ostrea Couloni* remaniées, et cependant bien conservées, qu'il a trouvées dans le poudingue tertiaire du Salève.

BOTANIQUE.

Président : M. le Past. DUBY, de Genève.
Secrétaire : M. le Prof. L. FISCHER, de Berne.

M. le prof. *T. Caruel*, de Florence, parle d'un corps probablement nouveau, qu'il a trouvé dans le suc laiteux du figuier. Ce corps a la structure de la fécule, sans en avoir les propriétés chimiques.

M. *J. Müller*, de Genève, présente un résumé général de son travail sur les Euphorbiacées. Cette grande famille, quoiqu'ayant fait l'objet de nombreuses recherches, laissait beaucoup à désirer, surtout sous le rapport de la délimitation des genres et espèces. M. Müller s'étend sur la méthode à suivre, sur la valeur des caractères en général et dans les Euphorbiacées en particulier ; il expose ensuite les principes du système qu'il a adopté. Les caractères employés par lui sont : 1° La forme de l'embryon, d'après laquelle la famille se divise en deux grandes séries naturelles ; 2° les ovules isolés ou géminés dans chaque loge de l'ovaire ; 3° l'estivation du calice.

L'application de ces trois caractères fournit les dix tribus de la famille, qui se subdivisent par une méthode analogue en 49 sous-tribus, 182 genres et plus de 3000 espèces. Parmi les nouveaux genres M. Müller en a dédié trois à des savants suisses (Secretania, Lereschia, Wartmannia).

M. *Ernest Favre*, de Genève, communique une notice sur la fleur femelle du Podocarpus. L'organe de fructification est un ovule dressé, parcouru par un rapté, se terminant par une expansion chalazienne, et présente une primine et une secondine soudée à la primine dans presque toute sa longueur.

M. le prof. *de Bary*, de Fribourg en Brisgau, parle de la pluralité de fructification dans les Urédinées. Plusieurs Puccinia et Uromyces possèdent quatre espèces de fruits, que l'on peut désigner en partie par les anciens noms génériques, les *Teleuthospores* (Uromyces et Puccinia), les *Sporidies*, l'*Aecidium* et l'*Uredo*. Ces différentes for-

mes sont produites par des générations alternantes, ce que M. de Bary a décrit ailleurs. Un certain nombre d'Urédinées produit ces diverses phases de développement sur une seule et même plante nourricière. Dans une autre série, les fructifications successives se produisent sur des plantes différentes, en sorte que la génération alternante est accompagnée d'un changement d'habitation. Un cas remarquable de ce genre est la *Puccinia graminis*, dont l'*Aecidium* est connu d'ancienne date sous le nom d'*Aecidium Berberidis*; de même l'*Aecidium* du *Puccinia straminis* ne se trouve que sur les Boraginées (*Anchusa, Lycopsis*); c'est l'*Aecidium asperifolium* Pers. Le même rapport existe entre le *Puccinia coronata* et l'*Aecidium Rhamni*.

M. le pasteur *Duby* présente quelques observations sur l'état de la cryptogamie en général et les méthodes à suivre pour arriver à une connaissance plus complète de ces organismes inférieurs; il insiste en particulier sur la nécessité de s'occuper beaucoup plus qu'on ne l'a fait jusqu'ici d'observations biologiques.

M. le prof. *A. de Candolle* dépose sur le bureau le programme pour le prix quinquennal (la meilleure monographie d'une famille de plantes) fondé par son père. Ce prix est annoncé pour 1866.

M. le prof. *Fée*, de Strasbourg, lit un travail sur les excrétions des fougères. Un certain nombre de fougères ont la fronde visqueuse; la viscosité est due à des poils glanduleux qui sécrètent un liquide. Ces glandes sont souvent sessiles, en forme de massue et présentent, vues

à l'œil nu, l'apparence d'une poussière fine. Dans le genre *Aspidium* et quelques autres on trouve une croûte calcaire de nature différente, composée de molécules, qui sont probablement produites par l'évaporation d'un liquide salin, sécrété par la surface de la feuille.

M. *C. Rapin* parle de la valeur des caractères génériques, particulièrement dans les deux genres *Cirsium* et *Carduus*, chez lesquels l'importance du caractère tiré de la nature du pappus est prouvée par le fait qu'on ne trouve jamais d'hybrides entre les espèces de ces deux genres.

M. *J.-E. Planchon*, de Montpellier, fait ressortir la nécessité de faire de nombreuses expériences directes sur l'hybridation. M. *Leresche* mentionne un cas d'hybridité entre deux espèces de genres très-différents (*Orchis laxiflora* et *Serapias cordigera*). M. *de Candolle* rappelle un autre fait relatif aux genres *Crinum* et *Amaryllis*.

M. *Caruel* parle d'un *Leontodon* d'Italie, qui a les poils de l'aigrette dentelés et non plumeux; cette espèce a été nommée *L. anomalum*.

M. *de Candolle* entre dans quelques nouveaux détails sur la germination des plantes[1].

M. *F. Burkhardt* communique des observations faites par lui sur le même sujet (publiées dans les *Mittheilungen der naturforschenden Gesellschaft*, à Bâle, en 1858). Ces observations ont fourni en général

[1] Nous publierons prochainement le mémoire de M. de Candolle, lu dans la séance générale.

les mêmes résultats que celles de M. de Candolle. Une petite différence résulte de ce que le point de départ de la germination n'a pas été fixé exactement à la même phase du développement par les deux auteurs. M. Burkhardt expose en abrégé la méthode qu'il a suivie dans ses recherches.

M. *Rieux* parle de l'effet de la lumière sur la germination et en particulier d'une expérience faite sur les graines de fraises, qui n'ont pas germé en plein soleil, tandis qu'elles germaient dans les vingt-quatre heures à l'ombre. M. *de Candolle* attribue ce fait plutôt à une chaleur trop grande, qu'à l'effet de la lumière.

M. *de Candolle* présente quelques beaux échantillons du *Stellaria bulbosa* Wulf., du Valduggia (Italie), de la part de M. Carestia, qui les a recueillis.

M. le prof. *Planchon*, de Montpellier, communique le résultat d'études faites par lui et M. Henri Marès sur plusieurs genres d'anomalies des organes de la fleur de la vigne. Ces anomalies les rapprochent des fleurs de l'*Ampelopsis* d'une part, du genre *Leea* de l'autre. M. Planchon parle encore de la formation d'hybrides entre les différentes races de vignes et des observations de M. Henri Bouschet sur l'influence du pollen sur les organes de la plante fécondée.

M. *de Bary* rappelle les observations de Hildenbrand sur les Orchidées tropicales. C'est le pollen qui détermine la formation des ovules.

M. le prof. *C.-F. Meissner* présente un échantillon en fleur du *Coccoloba platyclada* remarquable par ses

tiges parfaitement plates et foliacées. Cette espèce doit être rapportée au genre Muhlenbeckia, dans lequèl elle forme une section distincte.

M. le prof. *Heer* montre des cônes d'un conifère (*Pinus sylvestris*) trouvés par M. Coëmans dans la vase des côtes de la Hollande. Ces cônes sont identiques avec ceux qui ont été trouvés dans les tourbières (habitations lacustres). Ce fait confirme l'idée déjà émise précédemment que la jonction de l'Angleterre au continent de l'Europe est comparativement récente. M. Heer montre encore un cône fossile du terrain crétacé, qui a beaucoup de rapports avec les cônes du sous-genre *Cedrus*.

M. *de Bary* présente des modèles d'embryons en cire faits par M. le Dr Ziegler à Fribourg en Brisgau.

M. *Fée* communique une notice de M. *Guérin-Méneville* sur les qualités du bois de l'*Ailanthus*.

M. Guérin-Méneville dans ses rapports, sur l'introduction du ver à soie de l'Ailante avait, déjà publié quelques documents sur la qualité du bois de cet arbre et la rapidité de sa croissance. Depuis lors, à sa demande, M. Raoulx, ingénieur des ponts et chaussées, a étudié ces bois d'une manière plus complète. En attendant la publication de son travail, M. Raoulx a autorisé M. Guérin à en faire connaître les résultats remarquables et inattendus, qui montrent que le bois de l'Ailante est supérieur à celui du chêne et même de l'orme. M. Raoulx a mesuré dans un grand nombre d'expériences la densité, la ténacité et la flexibilité des trois essences citées plus haut. Voici les moyennes de ces déterminations :

	Densité.	Ténacité[1].	Flexibilité[2].
Ailante	0,713	32,812	0,033
Orme	0,604	24,867	0,023
Chêne	0,751	19,743	0,027

Le bois d'Ailante prend très-bien le poli et le vernis.

M. *de Candolle* annonce la nouvelle de la mort de Sir W. Hooker. La section décide d'insérer au protocole ses sentiments de regrets au sujet de la grande perte que vient d'éprouver la science.

ZOOLOGIE.

Président : M. le Prof. C. Vogt, de Genève.
Secrétaires : M. V. Fatio, de Genève.
M. Forel, de Morges.

M. le prof. *Kölliker* communique à la Société quelques observations sur la structure des polypes. S'occupant d'abord du tissu musculaire, il démontre dans les bras de l'*Hydra vulgaris* le développement des fibres musculaires observées déjà par MM. Uhlmann, Quatrefages et Ray chez les Méduses, et constatées aussi par lui dans les Hydropolypes en général. Il étudie ces longs filets disposés parallèlement entre l'exoderme et l'entoderme, et s'explique leur développement par l'aplatissement et l'allongement de la partie basilaire de la cellule épithéliale; cette cellule s'étranglerait vers son centre, et sa partie supérieure resterait partie constituante de l'exoderme. M. Kölliker passe ensuite à la structure des spicules

[1] Charge de rupture par centimètre carré.
[2] Flèche immédiatement avant la rupture.

ou corpuscules calcaires du squelette des polypes ; leur forme est celle d'un prisme terminé à ses deux extrémités par un triangle équilatéral dont les angles de l'un correspondraient aux côtés de l'autre. Aux différents angles de ces triangles se trouvent des masses arrondies qui peuvent s'augmenter par dédoublement ; mais les formes les plus complexes de ces sclérites de carbonate de chaux dérivent toutes, et toujours, d'une forme plus simple correspondant à une formule mathématique assez semblable à celle du rhomboïde de spath calcaire ; elles présentent en outre une grande analogie avec les corpuscules décrits par M. Robin dans l'urine du lapin. MM. Milne-Edwards, Dana et Ehrenberg ont expliqué le développement du squelette des polypes par une formation épithéliale ou sécrétion calcaire du pied ; mais M. Lacase-Duthiers le premier, en s'occupant du *Corallium rubrum*, et M. Kölliker ensuite, en travaillant sur divers genres de polypes, ont reconnu tous deux que le polypier se forme au contraire par le dépôt de spicules calcaires dans l'intérieur du parenchyme de l'animal. Enfin M. Kölliker a trouvé encore un rapprochement intéressant entre les polypes à 8 bras et ceux à 6 bras ; il a découvert, chez les Antipathes, les mêmes prolongements vasculaires des canaux nourriciers que l'on avait attribués jusqu'ici uniquement aux polypes à 8 bras.

M. le prof. *His* communique ses recherches sur les vaisseaux sanguins et lymphatiques de la rétine. Des injections faites sur la rétine du chat lui ont montré que les vaisseaux sanguins d'un certain volume rampent entre la couche des fibres de Müller et celle des cellules nerveuses ; que de là partent à angle droit de plus petits

vaisseaux qui viennent former deux réseaux capillaires, l'un au-dessus et l'autre au-dessous de la couche des noyaux. L'injection directe dans les lymphatiques n'étant pas ici possible à cause du peu d'épaisseur de la rétine, M. His a dû opérer sur les vaisseaux sanguins en cherchant à obtenir indirectement l'injection des lymphatiques par la rupture et l'extravasion des premiers. Par ce procédé, il a constaté l'existence de deux réseaux différents de lymphatiques; le premier composé de sinus enveloppant entièrement les veinules et les artérioles, et le second entourant les noyaux de la couche interne d'un réseau d'injections extravasées qui, par sa finesse et sa régularité, semble indiquer comme des espaces lymphatiques normaux.

M. His, s'appuyant sur le fait que les fibres de Müller n'obéissent pas à la loi de continuité de Reichart, qu'elles ne sont pas en intime communication avec le tissu conjonctif périvasculaire, et que d'après les recherches de M. Babuchin elles sont formées aux dépens du feuillet externe de l'embryon, révoque en doute la nature conjonctive de ces fibres, tout en leur reconnaissant cependant les fonctions de protection que leur attribue M. H. Müller. Mais il retrouve, par contre, le tissu conjonctif dans le voisinage de l'Ora serrata, dans une membrane qui, en continuité intime avec le tissu conjonctif périvasculaire, présente des fibres allongées de nature évidemment conjonctive.

M. *Ch. Rouget*, prof. à Montpellier, présente à la section le résultat de ses observations sur la terminaison des nerfs dans l'organe électrique de la Torpille. Les recherches qu'il a faites à Cannes sur quelques Torpilles

fraîches lui ont montré la terminaison en réseau telle que l'a décrite M. Kölliker, et lui ont permis en même temps de s'expliquer facilement l'erreur de M. Hartmann qui avait représenté ses extrémités en forme de pinceau. Il a remarqué que le réseau n'est bien visible que pendant la vie et très-peu d'instants après la mort, et qu'il semble disparaître bientôt après la rigidité cadavérique. Ce n'est pas que ce réseau lui-même se détruise, mais la substance liquide qui l'enveloppait d'abord perd sa transparence et se remplit de granulations, en sorte qu'on ne peut plus distinguer qu'une apparence de pinceau. Sur les bords de ce réseau principal se formerait encore un réseau plus délié et très-ramifié de fibres sans moëlle.

M. Rouget fait, en outre, remarquer qu'il n'y a aucune analogie entre ce genre de terminaison et la plaque terminale du *Cylinder axis* dans les nerfs moteurs. Enfin il constate, comme M. le prof. Valentin, que les nerfs de l'appareil électrique jouissent de doubles propriétés optiques.

M. le prof. *Claparède* présente une belle planche du *Loris tardigrade*, bien supérieure à toutes les figures données jusqu'ici de ce curieux animal.

Il entretient ensuite la section du singulier dimorphisme des Acariens. Il prouve, entre autres, que l'Acarien sans bouche, muni d'une carapace comme une tortue et connu sous le nom d'Hypopus, n'est réellement que le mâle d'un Acarus beaucoup plus gros que lui. Il a trouvé fréquemment ces deux formes sur des bulbes de jacinthes, et est arrivé à cette conclusion par une étude suivie du développement des larves. Il a, en effet, découvert des larves de l'Acarus à trois paires de pieds et d'autres

plus vieilles à quatre paires, et vu distinctement l'Hypopus provenir de ces dernières.

M. le prof. Vogt fait remarquer l'intéressante analogie qui existe entre la découverte de M. Claparède et celle que M. Müller a faite récemment sur quelques crustacés.

M. le prof. *Steenstrup,* de Copenhague, communique ses observations sur divers poissons. Il a découvert une large communication entre les deux cavités branchiales de certains Pleuronectes et fait remarquer l'utilité toute particulière de cette disposition qui permet à l'eau de circuler librement dans les deux appareils respiratoires, lors même que le poisson se trouve couché de côté sur le sable.

Il décrit chez le *Chiroleptra Vampirus* un filtre qu'il retrouve dans tout le groupe des Cephaloptera et Ceratoptera. Cet appareil, destiné à filtrer toute l'eau qui passe de la bouche aux branchies, est formé d'une pièce cartilagineuse percée d'une multitude de trous au-devant desquels se trouvent arrêtés les petits crustacés et mollusques qui doivent servir de nourriture à ces animaux. — Il signale deux parasites sur l'appareil branchial de ces gros poissons, un crustacé et un distome. Il explique, en outre, la manière de nager des espèces de ce groupe par un battement de leurs grandes nageoires qui leur permet de s'élever même au-dessus de la surface de l'eau en volant, pour ainsi dire, comme des chauves-souris.

M. Steenstrup fait comprendre comment la *Myxine glutinosa* n'a été censée parasite que des poissons morts, par le fait bien simple qu'elle les fait bientôt périr en les perforant près des arcs branchiaux. Il a étudié cette



espèce, et il fait observer qu'il n'a jamais trouvé d'individus mesurant moins de neuf pouces ou plus de treize pouces; qu'il n'a jamais non plus trouvé ni mâle, ni jeune, et que très-probablement les Myxines ne sont parasites que dans un âge particulier de leur vie. Il n'a enfin trouvé que deux fois des œufs bien développés; ils sont munis d'une enveloppe cornée avec un opercule et des prolongements destinés à les fixer.

M. Steenstrup a, en outre, suivi le développement des embryons du *Blennius viviparus*. Il fait observer que l'imperfection relative de la fécondation intérieure de cette espèce amène chez ses petits beaucoup de cas de monstruosités; les plus fréquents et les plus curieux lui semblent ceux où le jeune animal se montre tordu sur lui-même, et où, par le fait d'un rapprochement des plans dorsaux et abdominaux, les nageoires dorsales et et anales se trouvent, pour ainsi dire, juxtaposées; il tire de ces cas et de quelques autres, tels qu'une asymétrie des nageoires paires, l'explication de quelques monstruosités et variétés que lui ont présentées, par exemple, des *Cyprinus auratus*.

Enfin, traitant de la position asymétrique des yeux chez les Pleuronectes, M. Steenstrup explique la présence de ces deux organes sur un même côté de la tête, non-seulement par le fait d'une légère torsion de cette dernière sur la colonne vertébrale, mais encore par un transport réel de l'un d'eux d'un côté à l'autre de la face. En effet, après avoir remarqué que les jeunes Pleuronectes possèdent deux yeux symétriquement placés, comme d'autres poissons, il a vu l'un de ces yeux se transporter petit à petit au travers du plafond de son orbite pour venir rejoindre l'autre, tantôt en perforant

le frontal, et tantôt en venant se placer entre les deux frontaux.

M. le prof. *C. Vogt* présente au nom de M. le prof. *Gegenbaur*, de Iéna, une photographie représentant deux espèces de Gyropélecus de même taille qui lui semblent réfuter victorieusement une opinion récemment émise par M. Agassiz sur certaines métamorphoses de ces poissons.

M. le prof. *Rouget* présente quelques considérations sur l'agent contractile de la fibre musculaire. Il cherche à établir que le faisceau primitif est composé non de disques superposés, mais bien des fibrilles mises bout à bout; il considère également dans la fibre striée une autre fibrille également homogène. Il attribue à une pure élasticité les phénomènes de contractilité musculaire, considérant l'élément contractile comme un ruban enroulé en spirale, pour la vie animale, et comme une fibre simplement onduleuse, mais paraissant striée par le fait d'alternatives d'ombre et de lumière, pour la vie organique.

M. le prof. *Kölliker* déclare qu'il est loin de partager l'opinion de M. Rouget, mais que le temps lui manque pour entamer une discussion sur un pareil sujet.

M. le prof. *Cornalia,* de Milan, appelé à donner son opinion sur la nature d'un petit triangle vert trouvé dans les matières rejetées par un homme que l'on supposait avoir été empoisonné par de la cantharide, a examiné au microscope les parties extérieures du squelette de cinquante insectes verts différents, provenant des environs de la localité où l'attentat avait été commis. Il a trouvé, en étu-

diant l'apparence et les dessins soit du corselet soit des élytres, non-seulement que le faible débris qui lui avait été remis ne pouvait être rapporté qu'à la cantharide, mais encore que les caractères extérieurs tirés de ces détails confirmaient le plus souvent la classification établie jusqu'ici.

M. Cornalia signale ensuite un nouveau crustacé parasite des poissons, le *Lophura Edwardsi* qui se fixe contre la colonne vertébrale du *Lepidoleptus cœlorhynchus*.

M. le prof. *Thury* développe les motifs qui l'ont conduit à choisir les mammifères unipares pour objet de ses premières expériences sur l'origine des sexes. La connexion qui existe entre les phénomènes extérieurs et intérieurs de l'état de rut, est plus simple et mieux connue chez les mammifères unipares que chez les multipares, où, d'ailleurs, l'identité de l'œuf sur lequel on opère devient un nouvel élément d'incertitude. S'agit-il des oiseaux, où une seule fécondation suffit à plusieurs œufs successifs, les physiologistes ne sont pas d'accord sur le moment où la fécondation s'opère. Elle est simultanée pour les œufs d'une même série, selon quelques physiologistes, successive selon d'autres également habiles. Là, cependant, est toute la question, car si l'œuf de l'oiseau est fécondé au moment où il sort de l'ovaire, les circonstances qui déterminent l'émission d'œufs plus ou moins mûrs, seront avant tout variables et accidentelles, et il en sera de même du sexe des individus qui sortiront de ces œufs.

M. Thury fait connaître ensuite avec détail la marche qui a été suivie dans les expériences de Montet et les précautions qui ont été prises, et qui ont assuré la réussite complète de ces expériences.

Depuis la publication des premiers résultats obtenus dans la ferme de Montet, un certain nombre d'expériences ont été faites par des propriétaires et des agriculteurs dans les environs de Genève. Là où des hommes compétents ont expérimenté eux-mêmes, les résultats ont été constamment favorables à la nouvelle théorie. Partout où l'on a chargé des valets de ferme du soin des essais, les résultats ont été variables, et ont offert des cas de non-réussite dans la proportion d'environ un quart du nombre total.

Quelques recherches statistiques ont été entreprises dans le but principal de reconnaître si, lorsqu'une espèce domestique, telle que l'espèce bovine, est abandonnée à la vie libre, il s'engendre plus de femelles. Le résultat a été contraire à ce que l'on attendait d'abord : pendant le séjour des vaches à la montagne, dans les mois d'été, il s'engendre quatorze pour cent plus de mâles qu'il ne s'en produit pendant le même temps chez les animaux captifs. Mais ce fait s'explique de la manière suivante :

Dans nos montagnes, dès que l'on s'aperçoit qu'une vache entre en chaleur, on la séquestre, pour éviter le désordre qui résulte des combats que se livrent les mâles. Lorsque la bête est demeurée captive pendant environ douze heures, on lui rend la liberté ; elle ne tarde pas alors à être couverte, sans combat entre les taureaux, car ces combats n'ont lieu qu'aux premières atteintes de l'état de rut des femelles. La prédominance des conceptions mâles pendant le séjour des vaches dans la montagne vient donc à l'appui de la théorie : c'est, en quelque sorte, une expérience en grand qui se fait chaque année dans nos montagnes, où un certain nombre de vaches se trouvent empêchées de recevoir le mâle pendant

les premières heures du rut; or l'observation montre que de là résulte une prédominance de mâles.

Les comparaisons statistiques auxquelles se rattache le résultat précédent ont également permis de reconnaître :

1° Que dans la plaine, pendant les mois d'avril, mai, juin et juillet, le nombre des conceptions mâles l'emporte sur celui des conceptions femelles. C'est au mois de juin qu'a lieu le plus grand nombre de conceptions mâles (114 mâles pour 100 femelles). Le minimum des conceptions mâles a lieu pendant les mois de septembre, octobre, novembre et décembre.

2° Il existe quelquefois des différences considérables entre deux fermes voisines, relativement au nombre proportionnel des conceptions mâles et femelles qui s'y produisent, et, dans une même ferme, il y a des périodes de temps où les conceptions de l'un ou de l'autre sexe prédominent.

L'ensemble de tous ces résultats montre que la détermination du sexe n'est point un fait originel de la nature des êtres, indépendant des causes extérieures ou secondaires, mais bien un fait dérivé, contingent, accessible dès lors à l'expérimentation physiologique, aussi bien qu'à l'influence déterminante de la volonté de l'homme.

M. le prof. *Rouget* présente un crâne trouvé dans la vallée de la Vis, département de l'Hérault, et communique à ce sujet une note de M. Sabatier. Ce dernier a découvert entre des dalles non taillées trois fosses contenant encore des squelettes, dont deux de femmes n'offrent rien de particulier dans leurs crânes. La tête du troisième, provenant d'un homme, présente différents

caractères qui la rapprochent beaucoup du célèbre crâne du Néander-Thal : comme lui, elle est dolichocéphale, prognathe et présente à son sommet comme un toit à deux poutres. M. Rouget en montre un moule en cire et suppose que cette forme assez inférieure a été persistante à des époques très-distantes ; il pense que cette tête de l'Hérault appartient à l'époque celtique et trouve sa place entre le crâne du Néander et les crânes du Rhomberg.

M. le prof. *Vogt* montre à la section des moules des crânes du Néander et du Rhomberg, et appuie, comme M. Rouget, sur le fait que la forme d'un crâne ne peut pas faire préjuger de son âge, puisque l'on n'a encore trouvé jusqu'ici que des types très-mélangés.

M. *de Mortillet* prend aussi la parole sur le mélange des formes dans les crânes de l'âge de pierre, et signale dans ce dernier âge comme deux époques bien différentes, l'une où les hommes auraient eu le goût de reproduire dans leurs dessins les scènes de la nature vivante, et l'autre où les hommes auraient été, par contre, peu observateurs et peu dessinateurs. Il constate qu'en France, du moins, tous les crânes trouvés avec le renne sont brachycéphales, tandis qu'après cette époque un mélange constant s'est toujours présenté.

M. le prof. *Cornalia,* de Milan, rend compte des découvertes qu'il a faites au nord de Bergame dans un bassin de tourbe quaternaire et très-profond de la vallée de l'Effe. Les fossiles qui s'y trouvent sont en général à l'état pâteux, mais toujours très-nombreux. Il a découvert des rhinocéros, des éléphants et des cerfs nouveaux. Ce printemps encore il a trouvé la patte antérieure presque complète d'un *Elephas meridionalis.* Il montre des figures d'un

pied presque entier, ainsi que des dents très-bien conservées, appartenant à la dernière dentition. M. Cornalia a rencontré aussi des débris de petits mamifères, ainsi que des reptiles, une Émyde par exemple. Il attire particulièrement l'attention des zoologistes sur une série de petites écailles et quelques portions de squelette qui lui paraissent provenir d'un saurien voisin du *Pseudopus*.

MM. *F.-J. Pictet*, prof., et *Al. Humbert* présentent quelques fragments d'un nouveau travail sur les poissons du Liban, faisant suite à celui que M. Pictet avait publié en 1850, et motivé par de nombreux et importants matériaux recueillis depuis lors par M. Humbert. Ces zoologistes montrent que l'on trouve au Liban deux faunes très-distinctes, l'une à Sach-el-Aalma et l'autre à Hakel. Elles n'ont aucune espèce commune et les genres communs y sont rares. Elles sont toutefois toutes les deux crétacées et, à ce titre, remarquables par l'existence de plusieurs types formant à peu près la première expression du groupe des Téléostéens.

M. le prof. *Steenstrup* a étudié sur les os trouvés en si grand nombre en Danemark dans des marais tourbeux, aux Kjœkkenmœddingen, les différents modes de fraction provenant tantôt de la dent des animaux carnassiers, tantôt de la main de l'homme. Il a reconnu que certains os en entier et d'autres en partie étaient toujours régulièrement rongés par les carnassiers, tandis que d'autres, plus durs, n'étaient jamais brisés que par l'homme, qui avait voulu probablement en retirer la moëlle ; l'épiphyse des os longs est, par exemple, presque toujours rongée, tandis que la diaphyse subsiste avec des traces humai-

nes. M. Steenstrup signale le fait curieux que ce sont les mêmes os qui se durcissent les premiers chez le jeune oiseau, qui persistent aussi les derniers parmi les débris des oiseaux anciens. D'après ces études, il arrive aux conclusions suivantes : que les os des cavernes, entre autres de celles du midi de la France, étudiées par Marcel de Serres, ont été rongés par les carnassiers et apportés par eux dans ces cavités, et que, par conséquent, leur transport ne peut pas être attribué à l'effet des eaux ; que beaucoup des instruments décrits par M. Boucher de Perthes, comme instruments ou manches de haches ou de poignards, ont été taillés uniquement par les dents des ours et des loups ; que, enfin, les ossements déposés en si grand nombre dans les brèches osseuses n'ont été brisés ni par les animaux, ni par l'homme, mais bien par des alternatives souvent répétées d'humidité et de sécheresse.

M. le prof. *Capellini*, de Bologne, présente une photographie de la tête d'un Sirénoïde provenant des molasses de Bologne. Il a retiré lui-même d'un bloc de pierre le crâne, les vertèbres et l'omoplate de cet animal, qui lui rappelle l'*Halitherium Serresii* de Montpellier, décrit par M. Gervais. M. Capellini croit pourtant ne pas devoir rapporter cette espèce aux *Halitherium*, et semble voir entre elle et ces derniers la même distinction qui existe entre les Lamentins et les Dugongs. Il crée pour ce Sirénoïde un genre nouveau auquel il donne le nom de *Sinopterius*.

M. le prof. *Aebi* expose une nouvelle méthode de mensuration crânienne, avec laquelle il cherche à trou-

ver non la forme spécifique de la tête de telle ou telle race, mais bien le moule type du crâne humain. Il fait différentes coupes par les plans verticaux, tant longitudinaux ou antéropostérieurs que transverses, et divise ainsi le crâne en quelques parties symétriques dont l'étude et la comparaison l'amènent aux résultats suivants: tous les crânes dolichocéphales et brachycéphales sont semblables entre eux quant à la section du plan antéropostérieur et ne diffèrent qu'au point de vue des coupes transverses qui révèlent leurs différentes largeurs comparées; chez les hommes, ainsi que chez les autres mammifères, les crânes des jeunes individus se ressemblent d'abord assez, pour diverger ensuite de plus en plus avec l'âge. Le même travail comparatif fait sur les singes anthropomorphes, montre quelle grande distance il existe encore entre le crâne le plus parfait du plus élevé de ces animaux et le crâne de l'homme le plus dégradé. Enfin, M. Aebi cherche à établir sur son système de mesure une bonne classification des crânes, et signale que ces sections transverses lui ont toujours montré jusqu'ici des crânes étroits dans l'hémisphère sud et des crânes larges dans l'hémisphère nord de notre globe.

M. le prof. *His* ne voit pas la nécessité de prendre le diamètre antéropostérieur plutôt que le diamètre transverse pour base de mensuration; ce serait plutôt, suivant lui, les rapports de ces deux diamètres entre eux qui devraient constituer le point important de ces recherches.

MÉDECINE.

Président : M. le D[r] RAHN-ESCHER, de Zurich.
Secrétaire : M. le D[r] BARDE, de Genève.

M. le docteur *Piachaud*, de Genève, présente trois malades opérés par lui.

1° Brûlure de la main droite, dont la cicatrisation avait occasionné une grande rétraction des téguments. L'opération consista à enlever la cicatrice, et recouvrir la plaie par des lambeaux. La main fut fixée pendant six mois sur une planchette. La gaîne du tendon fléchisseur du quatrième doigt fut ouverte pendant l'opération, ce qui fut la cause que ce tendon s'exfolia. Il y a 18 mois que l'opération a été faite et les résultats pour l'usage de la main sont très-satisfaisants.

2° Tumeur de la main chez un campagnard de 39 ans. M. Piachaud présente le moule en gypse de la main avant l'opération. La tumeur avait commencé cinq ans auparavant. Extrême dureté, des bosselures, aucune fluctuation, la peau amincie, points de ganglions engorgés, douleurs lancinantes, tels étaient les symptômes. Le diagnostic varia entre un enchondrome et un carcinome. L'opération fut très-simple ; la tumeur se laissa en ucléer avec facilité, sans aucune hémorragie ; on dut reséquer la moitié du deuxième métacarpien, point d'origine de la tumeur. La cicatrisation fut très-bonne bien que quelques lambeaux de peau se fussent gangrenés. M. Claparède examina la tumeur au microscope et se décida en faveur d'un carcinome.

3° Polypes naso-pharyngiens : les premiers symptômes s'étaient manifestés dès 1862 ; après quelques tentatives

par arrachement, M. Piachaud fit la résection du maxillaire supérieur (incision d'après Velpeau) et enleva tous les polypes. Cependant la répullulation recommença trois mois après ; l'opération fut répétée ; de nouveau répullulation, essais avec la cautérisation au gaz, d'après M. Nélaton, sans succès ; on eut recours à des flèches de chlorure de zinc qui remplirent assez bien leur but, cependant la répullulation a recommencé.

M. le prof. *Billroth* croit que la tumeur en question était un enchrondrome d'une espèce peu ordinaire, à savoir la forme gélatineuse, enchondrome cystoïde. Il ne voit rien dans la description de la tumeur qui justifie le diagnostic d'un carcinome. Cependant il n'en résulte pas du tout que la tumeur ne puisse récidiver et même occasionner des tumeurs secondaires dans des organes intérieurs.

A propos du troisième cas, il rejette complétement la cautérisation : mais il faut à tout prix éloigner la tumeur, qui peut occasionner des symptômes très-graves et croissants du côté du cerveau ; il y a des cas dans lesquels des tumeurs analogues ont perforé la boîte cranienne. Il propose l'opération de M. Langenbeck, de Berlin, dite résection ostéoplastique, laquelle consiste à reséquer le maxillaire supérieur, mais en lui laissant ses adhérences complètes avec les téguments ; on le replie en arrière comme un couvercle, puis la tumeur enlevée, on le réapplique et la consolidation la plus parfaite a lieu.

M. le prof. *Esmarch*, de Kiel, a observé plusieurs cas analogues. Ces tumeurs naissent souvent de la fosse ptérygo-palatine ; il a fait l'opération de Langenbeck avec succès, même deux fois sur le même sujet ; il recommande aussi l'emploi énergique du fer rouge.

M. le Dr *Gautier* demande s'il y a récidive après cette opération.

M. *Billroth* ne peût répondre, car ces tumeurs peuvent récidiver après 20 ans. Mais dans un cas opéré par lui il y a cinq ans, il n'y a pas encore eu de récidive.

M. le prof. *Billroth* communique un cas d'ovariotomie opéré trois semaines auparavant par lui à Zurich. Un cas opéré quelques années auparavant sans succès, l'avait découragé de cette opération, lorsque M. Spencer Wells opéra sous ses yeux avec un résultat très-heureux une femme de Zurich ; et il se décida à pratiquer, le 5 août passé, la même opération. La femme a 32 ans, n'est pas fortement constituée, a une menstruation très-profuse ; mariée depuis six ans, elle n'a pas d'enfant. Il y a cinq ans qu'elle remarqua la tumeur, qui a cru très-lentement et sans douleurs. Une ponction pratiquée six semaines auparavant a confirmé le diagnostic ; cependant la tumeur ne disparut qu'en petite partie, et au bout de quatre semaines elle était plus grosse qu'avant ; la menstruation avait fait place à une hémorragie continuelle, ce qui empêcha de différer l'opération ; l'abdomen était distendu comme par l'utérus au huitième mois, la tumeur était un kyste multiloculaire ; la portion vaginale du col de l'utérus ne pouvait être sentie au toucher, ce qui faisait présumer des adhérences de cet organe avec le kyste. La malade avait une petite toux, et présentait au sommet des poumons une matité du reste très-légère, plus un épanchement pleurétique à gauche, peut-être dépendant de la pression de la tumeur sur la veine cave ascendante. L'opération fut assez facile, et ce qui avait été prévu, l'adhérence avec l'utérus se confirma ; elle dut être percée en deux

endroits et après y avoir fait deux ligatures en masse, elle fut coupée. On appliqua au pédicule un clamp français assez mauvais. Celui de Spencer Wells est, d'après M. Billroth, le seul qu'on doive employer. La malade se plaignit de suite de douleurs et le deuxième jour se manifestèrent tous les signes d'une péritonite foudroyante; avec cela le pouls était bon, la température chaude; l'opium ne fut pas supporté, mais les injections souscutanées de morphine de $^1/_4$ grain furent suivies d'un effet immédiat. On lui fit boire beaucoup de champagne, et au milieu d'éructations très-fortes, elle dégagea pour ainsi dire tout son météorisme par en haut, à la suite de quoi elle eut une selle abondante. La péritonite guérit et la femme semble hors de danger, cependant le dernier mot n'est pas encore dit; le 12, elle avait encore un peu de douleurs, de météorisme, d'œdème du pied droit occasionné soit par thrombose soit par un abcès par suite de la ligature, abcès qui se serait ouvert derrière le péritoine.

M. le prof. *Socin* attire l'attention sur les inconvénients résultant du peu de longueur du pédicule. Le grand empêchement qui s'oppose à l'exécution fréquente de l'ovariotomie est la question du diagnostic, qui est souvent si difficile.

M. le prof. *Breslau* rappelle à M. Billroth qu'il a opéré à Zurich avec succès des cas qu'il n'a pas mentionnés, même un cas très-grave chez lequel, après une ponction, s'étaient développés dans le kyste des gaz putrides et où les parois étaient très-ramollies et adhérentes à celles de l'abdomen. Un autre cas fut opéré sans succès dans des circonstances très-favorables avec M. Spencer Wells; la malade mourut de ce que les An-

glais appellent le *choc*. En tout il y a six cas, deux guéris, un en voie de guérison, trois morts.

M. le Dr *Dor* parle d'une ovariotomie pratiquée avec succès à Vevey, par le Dr de Montet. Il vante le clamp de Nélaton. Le champagne frappé fut d'un très-bon effet.

M. le Dr *Billroth* insiste sur toutes les précautions en apparence insignifiantes qui seules peuvent garantir le succès : air, lit, éponges, isolation, etc., etc. Suivant lui, la péritonite est presque toujours la suite d'infection ; les sécrétions des membranes séreuses sont des plus dangereuses. Le collapsus est le plus mauvais symptôme. Dans le météorisme, la constipation paraît avoir une cause mécanique ; l'accumulation des gaz occasionnerait une rotation de l'intestin autour de son axe et sa clôture. En effet, dans son cas, la première selle n'eut lieu qu'après que les gaz se furent en partie échappés.

MM. *Gautier* et *Volkmann*, professeur à Halle, donnent des faits à l'appui des idées de M. Billroth.

M. le Dr *Dor* présente un instrument (tonomètre) qu'il a fait construire à l'atelier de construction d'instruments de physique de Genève, sous la direction de M. Thury, pour mesurer exactement la pression intraoculaire. L'appareil présente en outre un grand progrès sur celui de Donders en ce que l'observateur n'est pas astreint à regarder le cadran en opérant, ce qui est un grand inconvénient pour l'exactitude de l'examen ; une aiguille ingénieusement adaptée se charge de cet office.

M. le prof. *Lücke* parle d'un cas de tumeur de l'aisselle observé dans son service. La tumeur s'était développée du mois de janvier à celui d'avril et avait

acquis la grosseur d'une forte tête d'enfant. C'était un sarcome médullaire qui avait pris son origine probablement dans les ganglions lymphatiques de cette région. Ces tumeurs doivent être séparées des carcinomes médullaires avec lesquels on les confond si souvent. Dans ce cas aucune opération ne pouvait être tentée ; la tumeur s'étendait jusque sous l'omoplate, et sous la mamelle ; la jeune malade se portait, au moment de son entrée à l'hôpital, relativement bien. La seule indication était de la soulager de ses douleurs assez vives, et de la nourrir aussi bien que possible. Mais la tumeur continua à croître avec rapidité, s'ulcéra à sa surface, le bras devint œdémateux, la malade maigrit vite et mourut dans un état comateux. A l'autopsie on trouva le poumon, mais seulement cet organe, parsemé de tumeurs de même nature que celle de l'aisselle, tous les autres organes étaient intacts. La tumeur s'était propagée dans la veine cave. Cette alpétion secondaire pouvait être expliquée dans une embolie, mais d'autre part on pouvait croire à une leukhémie que le microscope avait constatée pendant la vie. La rate n'était pas tuméfiée. La structure des cellules était analogue à celle des cellules lymphatiques ou des cellules de granulation ; il y avait aussi çà et là des cellules fusiformes ; peut-être la leukhémie fut-elle la cause de l'affection des glandes. On a aussi observé des embolies analogues dans les carcinomes des veines.

M. *Billroth* est convaincu que dans la plus grande majorité des cas cette généralisation des tumeurs est de nature embolique. Il faut, du reste, chercher la thrombose beaucoup plus dans les petites veines que dans les rameaux plus considérables. Des foyers carcinomateux

de veines de petit calibre sont beaucoup plus dai que ceux de veines de gros calibre. Il y a, du prendre en sérieuse considération la nature thrombi eux-mêmes, ainsi que celle des tissus d quels ils sont transportés ; plus ces derniers sont logues, plus le danger est moindre et vice versa.

M. le prof. *Jonquières* lit le rapport de la com instituée pour les recherches sur la phthisie t leuse.

M. le Dr *Lombard* donne quelques détails s entreprise.

M. le Dr *Appia* parle des téléangiectasies et d cès qu'il a obtenus des injections de perchlorure il accompagne ses démonstrations de dessins ori Les injections furent faites en pleins tissus, san cher à éviter de répandre le liquide dans le reste tème sanguin. Il n'est pas très-craintif sur le noi gouttes ; cependant il préfère des injections petite répétées.

M. *Volckmann* redoute davantage les dangers bolie et propose la compression de l'artère, exéc tre le cœur et la tumeur ; il accorde que les dan l'injection ont été exagérés.

M. *Appia* se justifie de l'idée qu'il semble a l'innocuité de ces injections, mais toutes les tum question étaient veineuses.

M. *Lücke* sépare très-catégoriquement les téléa sies des tumeurs veineuses caverneuses, c'est da dernière catégorie qu'il range les cas observés Appia.

M. le prof *Mancini* donne quelques détails sur les eaux thermales de Gravegia, situées en Italie à la frontière de la Suisse ; elles contiennent des sulfates de soude, chaux, magnésie, alumine (ce dernier seul constitue, d'après M. Mancini, la base de l'efficacité de ces eaux), du carbonate de chaux, et des carbonates alcalins, point d'iode. Leur température est de 25° R., elles contiennent 10°°/₀₀ de matières solides. Ces eaux ont une action très-puissante dans les maladies scrofuleuses en général, celles de la peau, surtout l'herpes et les maladies syphilitiques tertiaires. M. Mancini cite trois observations très-intéressantes. Ces eaux sont diurétiques, purgent quelquefois et quelquefois font vomir. M. Mancini pense qu'il serait intéressant de faire des expériences pour savoir si c'est bien au sulfate d'alumine que l'on doit attribuer les propriétés de ces eaux.

M. Mancini fait une seconde communication sur le bain électrique pour expulser le mercure ou le plomb qui se trouvent dans l'organisme. Dans un cas il a revivifié le mercure dans le bain même ; dans un cas de paralysie saturnine il a de même obtenu le plomb et l'individu a été guéri.

M. le prof. *Biermer* parle du traitement de la fièvre dans les maladies aigues. La fièvre est un symptôme d'une immense importance pour le pronostic; elle n'a pas d'influence directe sur le procès lui-même, mais elle a une grande influence en ce sens qu'elle empêche que les altérations qui ont lieu dans l'organisme, ne puissent se résoudre ; puis elle a une grande influence sur la localisation de l'altération organique. C'est donc une indication capitale que de chercher à réduire la fièvre. On

possède pour cela beaucoup de moyens : la digi salpêtre, le calomel, la vératrine. M. Biermer a be expérimenté avec la vératrine et trouvé qu'aucun n'agit avec une pareille sûreté sur le pouls et la rature, pourvu qu'on l'emploie dans la forme et convenables. Elle ne déploie naturellement pas l énergie dans les maladies dites d'injections, que (fièvres purement inflammatoires ; mais même là reste pas sans effet, mais l'action est, il est vrai, tı sagère. Dans la pneumonie franche on peut ainsi couper la fièvre. M. Biermer a traité ainsi 70 cas d monie grave, il traite expectativement les cas plus L'effet se manifeste après 3 ou 4 heures : d'a pouls se ralentit, puis le malade est pris de nausé ne sont pas cependant indispensables à l'effet de l trine, souvent même de vomissements. Le pouls c de 120-60', 50-40' ; il remonte généralement le main plus ou moins, mais n'atteint cependant qu rarement sa hauteur primitive. On peut donner l trine avec le même effet jusqu'à trois fois. La vérat aucune influence sur le procès lui-même ; elle ne pour ainsi dire empêcher son extension, en facili moyens de résolution ; la pneumonie se résout petit, mais elle n'est pas coupée. On a fait des tions. On a dit : la pneumonie se résout d'elle-m vératrine n'agit que comme vomitif (Griesinger), le y contribue ; mais c'est faux. Les expériences ont jusqu'à l'évidence que l'on ne peut plus soutenir rie du hasard, tant les résultats sont sûrs et co Que la vératrine agisse avec plus de sûreté si le vomit, c'est certain, mais ce n'est point du tout saire. Quant à la méthode de l'administration,

très-importante. Bamberger, Griesinger, Nasse l'ont mal employée ; ils donnaient $^1/_8$ gr. trois fois ; c'est trop fort et trop distant ; il faut de petites doses fréquentes, $^1/_{24}$-$^1/_{12}$ gr. toutes les heures. Si le pouls descend après 4-6 doses, on la met de côté, de même si le malade se plaint de nausées. On peut occasionner le vomissement dans certains buts, ainsi dans le cas d'œdème du poumon. On doit, à ce qu'il semble, empoisonner pour ainsi dire le malade avec de la vératrine. Elle a un grand avantage sur la digitale qui n'est pas si sûre, et dont l'action dure trop longtemps ; on a vu des cas où le pouls était à 56 pendant 4 semaines. La digitale retarde aussi la solution de la pneumonie. Les avantages de la vératrine sont : 1° promptitude, sécurité, exactitude ; 2° les effets d'intoxication sont beaucoup plus passagers, et le malade s'en trouve beaucoup mieux ; il faut, il est vrai, beaucoup de précautions surtout dans la pratique civile. Il faut donner la vératrine en pilules ; en poudre elle agit trop vivement, et a un goût abominable. M. Biermer a expérimenté avec elle dans le rhumatisme articulaire et d'érysipèle de la face ; mais ce ne sont pas des cas si simples ; la masse du sang y paraît altérée, l'effet n'en fut pas défavorable, mais peu encourageant. Cependant dans un cas d'érysipèle, pouls 120, temp. 41°,36, le succès fut complet en deux jours. Il est vrai qu'une cessation spontanée n'est pas rare ; en somme il ne peut pas donner une conclusion bien déterminée.

Puis M. Biermer parle du bon effet des hautes doses de quinine dans le rhumatisme artic-aigu ; il y a une grande différence entre les doses de 10 et de 20, les premières ne font rien, les secondes de 20-30 sont excellentes, mais on ne doit pas se laisser arrêter si l'effet

n'a pas lieu après un jour ou deux. On peut d
quinine 8-10 jours. La rémission du pouls et de
pérature n'est pas si rapide et si grande qu'aprè
de la vératrine, mais elle agit comme calmant e
tique sans agir cependant sur le sensorium ; l
donnements d'oreille et le vertige ne sont pas ra
symptômes nerveux ne doivent pas en détour
au contraire.

Dans le typhus, l'action de la quinine est trè
gère et cela ne doit pas nous étonner, mais le
de moyens sûrs dans cette maladie excuse son
On donne la quinine en solution.

Pour les injections sous-cutanées il manque
M. Biermer des expériences suffisantes.

M. le prof. *Seitz*, de Munich, confirme le
de la vératrine. Il se sert de préférence de l'*Extr*
viridis, qui prévient les nausées.

M. le D[r] *Gosse*, père, rappelle les accidents p
de l'estomac par suite des hautes doses de qui

M. *Biermer* a expérimenté avec une résine
trine et a eu grand succès, mais il n'a pu depui
curer de préparation analogue. De la résine
Dresde resta complétement sans effet. M. Bierm
qu'avec le traitement à la vératrine la mortalité
faible ; il n'a perdu à Berne que deux malades
monie qui étaient tous deux *potatores*.

M. le D[r] *Dubois* raconte le cas d'un enfant qu
bant s'éventra avec une bouteille qu'il avait
poche ; prolapsus d'intestins considérable, bles
terne très-petite. Après le débridement la rédu
pratiquée ; puis l'enfant fut atteint d'une périto

aiguë qui céda au calomel à 14 gr. chaque demi-heure. L'enfant guérit.

Puis M. Dubois parle d'un cas d'hydropisie de l'ovaire. Après une injection iodée, se manifestèrent les accidents les plus alarmants, qui cependant se calmèrent. La tumeur a depuis 18 mois la grosseur d'une orange. Ce qui rend le cas remarquable, c'est que ces symptômes alarmants se manifestèrent immédiatement après l'injection.

M. *J.-L. Prevost*, interne des hôpitaux de Paris, lit une communication sur la déviation conjuguée des axes oculaires observée dans quelques cas d'hémiplégie. Cette déviation a lieu du côté opposé au côté paralysé, c'est-à-dire du même côté que l'hémisphère atteint. Dans les cas où l'on put faire l'autopsie, on crut observer une lésion des corps striés vers la base de l'encéphale. On pourrait considérer cette déviation comme un commencement des mouvements gyratoires que l'on observe chez les animaux, chez lesquels on a blessé les irradiations des pédoncules cérébraux.

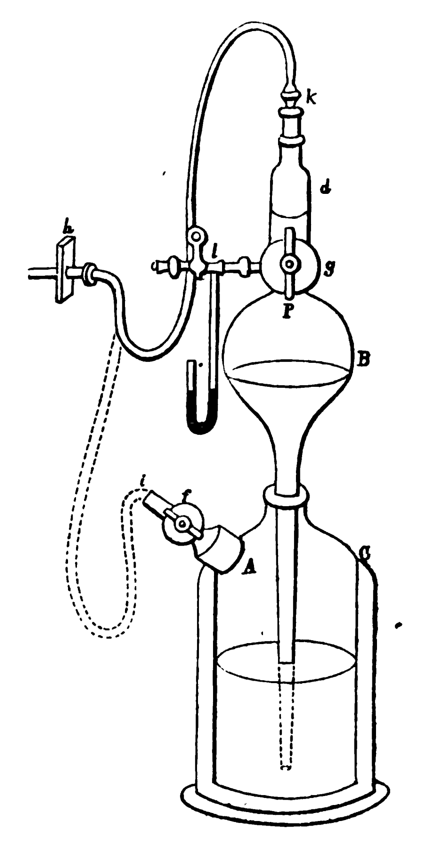
BULLETIN SCIENTIFIQUE.

PHYSIQUE.

Prof. Poggendorff. Sur une forme nouvelle de la machine pneumatique a mercure (*Pogg. Ann.*, 1865, n° 5; *Phil. Mag.*, août 1865).

Quoique l'idée première de la machine pneumatique à mercure remonte à la fin du XVII[e] siècle, ce n'est que récemment que cet appareil a acquis de l'importance entre les mains de M. Geissler de Bonn, qui l'a employé pour opérer, dans les tubes qui portent son nom, un vide plus parfait que celui qu'on peut obtenir avec la meilleure machine pneumatique. M. Poggendorff, comme on va le voir, a eu l'idée de modifier la machine à mercure de manière à en faire une sorte d'appendice de la machine pneumatique ordinaire. L'instrument, qui a été décrit pour la première fois dans les mémoires de l'Académie de Berlin pour 1865 (p. 158), consiste en deux parties distinctes; savoir : 1° Un récipient en verre, *A* (voy. la figure de la page suivante), de 12 pouces de haut sur 6 de diamètre, à encolure un peu large et muni d'une tubulure latérale; 2° un ballon en verre *B*, de forme allongée, muni dans sa partie inférieure d'une encolure usée à l'émeri de façon à passer à frottement juste au travers du col du récipient *A* dont elle atteint presque le fond. Un couvercle en fer, percé d'un orifice s'ouvrant en dehors au point *i*, et pouvant être fermé hermétiquement par le robinet *f*, est ajusté à la tubulure du récipient *A*. La partie supérieure du ballon *B* est munie d'un cou-

vercle en fer percé aussi d'un orifice qu'on peut fermer au moyen du robinet *g*. Cet orifice communique avec un flacon *d*, dans l'encolure duquel se trouve soudé un tube en fer *k*.



Le robinet *g*, est un robinet à trois voies. Lorsqu'il se trouve placé verticalement, comme dans la figure, avec l'extrémité *p* tournée en bas, il établit une communication entre le ballon *B* et le flacon *d*, et aussi avec l'air extérieur, pourvu que l'orifice *k* ne soit pas bouché. Si ce robinet est incliné à un angle de 45°, le ballon *B* se trouve fermé, et lorsqu'il est placé horizontalement avec l'extrémité *p* tournée à gauche, il établit une communication entre le ballon *B* et un tuyau latéral *l*, auquel on pourra

visser le tube ou réceptacle quelconque dans lequ
produire un vide. L'appareil est mis en communicat
machine pneumatique au moyen d'un tube de caout
à chaque extrémité d'un tampon creux métallique, ay
d'un cône. L'un de ces tampons sert à fermer l'ouve
quelle on peut communiquer, au moyen du robinet
avec la machine pneumatique ; l'autre sert à boucher
les deux orifices *i* et *k*.

Pour faire fonctionner l'appareil, on commence pa
récipient *A* de mercure jusqu'à près du niveau de l
il faut pour cela environ 40 livres de ce métal. On t
le robinet *h* de la machine pneumatique de façon à
communication entre le tube de caoutchouc et les c
la machine. Deux coups de piston suffisent ordinair
amener le mercure à la hauteur voulue ; c'est-à-dire,
ment à remplir le ballon *B*, mais à passer au travers
g dans le flacon *d* placé au-dessus de lui, et à le re
samment pour assurer le déplacement complet de l'air
fait, on tourne le robinet *g* de 45°, de manière à ferm
B. On enlève ensuite le tube en caoutchouc de l'o
rieur *k*, on l'ajuste à l'orifice inférieur *i*, et on se re
per de façon à raréfier l'air dans le ballon *A*. Quat
piston suffisent ordinairement pour vider compléteme
cure le ballon *B*, dans lequel se trouve alors un vide
que aussi parfait qu'il est possible de l'obtenir à mc
bouillir le mercure.

Pour produire un vide semblable dans un tub
réceptacle mis en communication avec le ballon *B*
nière qui a été indiquée, il est évident que le procé
doit être répété autant de fois que cela est nécessair
tenir le vide désiré. L'usage de l'appareil ne prése
on le voit, aucune espèce de danger, et n'exige pas
beaucoup de force[1].

1 L'auteur reconnaît dans une note que M. Robinso
construit un appareil basé sur le même principe que le

Pour produire un vide barométrique dans de simples tubes de verre auxquels se trouvent soudés des fils de platine ou d'aluminium, l'auteur se sert d'un procédé plus simple et qui n'exige pas l'emploi de la machine pneumatique à mercure. Son appareil est composé d'un gros flacon muni d'une tubulure qu'il remplit à peu près à moitié de mercure. L'encolure du flacon de même que la tubulure sont munies de bons bouchons. Un petit tube de fer, qu'on peut fermer au moyen d'un robinet, passe au travers du bouchon de la tubulure, et, au travers de celui de l'encolure, est inséré un tube de verre, long de 8 à 10 pouces, qui se trouve soudé à angle droit au centre du tube placé horizontalement dans lequel on veut faire le vide.

Pour faire fonctionner l'appareil, l'opérateur commence par faire passer l'extrémité ouverte du tube de verre au travers de son bouchon, de façon à la faire tremper dans le mercure. On retourne alors graduellement le flacon ; aussitôt le mercure qu'il renferme passe dans le tube dans lequel on se propose de faire le vide jusqu'à le remplir complétement. On redresse ensuite lentement le flacon de façon à le ramener à sa première position, en enfonçant de plus en plus le tube dans le mercure à mesure qu'on redresse l'appareil. Cela fait, on place l'orifice du tube de fer en communication avec la machine pneumatique au moyen d'un tube de caoutchouc, de la manière que cela a été déjà indiqué, et il suffit d'un seul coup de piston, pour opérer le vide dans le flacon, et par conséquent dans le tube, lequel peut être ensuite fermé à la lampe ou laissé en communication avec le flacon.

CHIMIE.

Dr T. Woods. Sur l'équivalent calorique du magnésium. (*Phil. Magazine*, juillet 1865.)

L'intensité de la lumière produite par la combustion du magnésium est-elle accompagnée du dégagement d'une quantité

beaucoup moins commode dans l'usage. Cet appareil est décrit dans le *Philosophical Magazine* de septembre 1864.

correspondante de chaleur? L'auteur, pour résoudre cette question, a employé une méthode décrite dans un mémoire précédent, et dont il s'était servi pour déterminer la quantité de chaleur dégagée par l'oxydation des métaux [1]. Cette méthode consiste à dissoudre le magnésium dans l'acide sulfurique étendu d'eau, et à observer l'élévation de température du liquide, en tenant compte dans le résultat de la quantité de chaleur absorbée par la décomposition de l'eau, ainsi que de celle dégagée par suite de la combinaison de la magnésie avec l'acide. Le résultat d'un grand nombre d'expériences a conduit l'auteur à admettre, que la quantité de chaleur développée par la combustion ou l'oxydation d'un équivalent de magnésium est le double de celle qui est dégagée par l'oxydation d'un équivalent de zinc. La combustion de 4 grains, ou un équivalent de zinc, l'oxygène étant = 1, a élevé la température de 1000 grains d'eau de 5°,3 cent., tandis que le magnésium, par suite de la combustion de 1 $^1/_2$ grain, soit un équivalent, a élevé la température de cette même quantité d'eau de 10°,7. C'est là la plus grande quantité de chaleur développée par un équivalent d'une substance quelconque dont l'auteur ait connaissance. En effet, le potassium et le sodium qui, jusqu'à présent, étaient regardés comme les substances qui dégageaient le plus de chaleur, ne produisent dans 1000 grains d'eau, qu'une élévation de température de 9°,7, par suite de la combustion d'un équivalent de chacune de ces substances.

La quantité de chaleur développée par la combinaison du magnésium avec le chlore est aussi plus grande que pour toute autre substance. Lorsqu'on dissout un métal dans de l'acide chlorhydrique, le chlore se combine avec ce métal, et l'acide se décompose avec dégagement d'hydrogène. Par conséquent, en calculant l'élévation de température due à la dissolution du métal, et en y ajoutant la quantité de chaleur absorbée par suite de la décomposition, on obtient la chaleur développée par la combinaison du chlore avec le métal. C'est ainsi que l'auteur a trouvé que

[1] V. *Philosophical Magazine*. Novembre 1852 et juillet 1856.

lorsqu'un équivalent de magnésium, l'oxygène = 1, se combine avec le chlore, la chaleur produite est suffisante pour élever la température de 1000 grains d'eau de 14°. Un équivalent de zinc, en se combinant avec le chlore, développera une quantité de chaleur suffisante pour réchauffer la même quantité d'eau de 6° 1/4, et un équivalent de potassium pour la réchauffer de 12°,7.

GEORGE GORE. SUR LES PROPRIÉTÉS DU GAZ ACIDE CHLORHYDRIQUE LIQUÉFIÉ. (*Compte rendu des Mémoires de la Société royale*, mai 1865, et *Phil. Magazine*, juin 1865.)

L'auteur, après avoir rappelé l'appareil déjà décrit dans les *Transactions philosophiques* pour 1861, et dont il s'est servi pour examiner l'action sur certains solides du gaz acide chlorhydrique liquéfié sous une très-forte pression, variant de 500 à 1100 livres sur chaque pouce carré de surface, rend compte, dans le mémoire actuel, de divers perfectionnements qu'il a apportés à cet appareil, en vue principalement de prévenir tout danger d'explosion, et aussi pour retirer plus facilement les solides qui auraient été exposés pendant un temps plus ou moins long à l'action de l'acide liquéfié. Les substances qu'il a employées pour produire le gaz étaient, comme précédemment, le sel ammoniaque et l'acide sulfurique concentré. — Voici quelques-uns des principaux résultats signalés :

Le gaz acide chlorhydrique liquéfié est mauvais conducteur de l'électricité, sans cependant être un corps aussi isolant que l'acide carbonique liquide. Son pouvoir dissolvant sur les corps solides est en général faible. Sur 86 substances solides soumises à l'expérience, il n'en a dissous que 12, dont plusieurs en très-petite quantité. Sur 5 métalloïdes éprouvés, il n'en a dissous qu'un seul, l'iode; sur 15 métaux, un seul, l'aluminium. Sur 22 oxydes, il en a dissous 5, savoir : l'acide titanique, l'acide arsénieux, l'acide arsénique, le tritoxyde d'antimoine et l'oxyde de zinc. Sur 9 carbonates soumis à son action, il n'en a dissous aucun; sur

8 sulfures, un seul, le trisulfure d'antimoine; sur 7 ch
il en a dissous 2, savoir, le perchlorure de phosphore et l
chlorure d'étain. Sur 7 substances organiques soumises à
rience, deux seulement ont été dissoutes, savoir : l'acid
que faiblement au bout de trois jours, sans changement de
et la guttapercha très-promptement, en communiquant à
liquéfié, d'abord une teinte rouge et puis une couleur bru

Ces résultats sont de nature à montrer que l'acide chl
que liquide, à l'état anhydre, exerce sur les corps solides
néral une action chimique beaucoup moins intense que c
acide combiné avec de l'eau, ainsi que cela a lieu ordinai
La diversité de cette action sur le magnésium, le zinc,
mium et même l'aluminium, suivant que l'acide est anh
mêlé à l'eau, est surtout remarquable. Il se peut que cet
rence provienne en grande partie du faible pouvoir disso
l'acide anhydre, et de ce que les pellicules insolubles qui
ment à la surface des corps qui y ont séjourné, opposent
tacle à tout contact, et partant à toute action ultérieure.
dant, ce défaut de contact n'a guère pu se présenter dans l'
remarquable de la chaux caustique, sur laquelle le gaz
n'avait pas exercé d'action sensible au bout de plusieur
Dans ce cas, en effet, il se trouvait en présence un véritabl
c'est-à-dire un acide hydrogéné, et une base énergique,
l'autre presque à l'état de pureté parfaite, doués dans
constances ordinaires d'une affinité puissante l'un pour
l'un à l'état liquide et l'autre à celui de solide poreux, mis
tact intime par le moyen d'une pression énorme et de
forcer le liquide à pénétrer le solide poreux, la base soli
cupant qu'un faible volume à côté d'un acide liquide fo
en excès, enfin action prolongée pendant un intervalle
sieurs jours : malgré toutes ces conditions si favorable
combinaison chimique, les deux substances sont restées
tion appréciable l'une sur l'autre.

Il ne faut pas perdre de vue que les résultats obtenus

être attribués en partie, sans doute, à l'acide chlorhydrique anhydre à l'état liquide, mais aussi en partie à l'action du même acide à l'état gazeux sous une forte pression. Dans les expériences de M. Gore, il a été impossible de tenir compte de chacun de ces effets considérés séparément ; mais il est probable que si les substances qu'il a examinées avaient pu être soumises à l'action de l'acide liquide *seul*, les effets chimiques auraient été encore plus faibles. C'est ainsi, par exemple, que l'action qui s'est manifestée sur le potassium, le sodium et l'étain paraît bien avoir été due à l'influence de l'acide à l'état gazeux, puisque le séjour de ces métaux dans l'acide liquide n'a donné lieu à aucun dégagement de gaz. Dans le cas du potassium et du sodium, de ce dernier métal surtout, il est possible, quoique peu probable, que la totalité du métal ait été attaquée avant que de se trouver en contact avec l'acide liquide, mais cela n'était certainement pas le cas avec l'étain, une portion de la surface de ce métal étant restée à la fin de l'expérience sans corrosion apparente.

Les oxydes en général, de même que les carbonates, sauf dans le cas de la chaux et de quelques autres oxydes peu disposés à se combiner avec l'acide chlorhydrique, se sont convertis plus ou moins complétement en chlorures. Les carbonates, qui ont été décomposés par l'acide liquéfié, n'ont pas dégagé des bulles de gaz en quantité sensible, fait qui s'explique en ce qu'ils ont pu être déjà complétement décomposés par l'acide gazeux pendant la production de celui-ci ; ou bien, en ce que l'acide carbonique ayant été dégagé à l'état liquide, a été dissous par l'acide chlorhydrique liquide. Les sulfures, dans quelques cas, ont été convertis en chlorures ; dans d'autres cas, il n'y a pas eu d'action sensible ; cependant des traces de sublimé blanchâtre ont été constamment produites dans l'acide gazeux. Le chlorate, de même que le nitrate de potasse, ont été l'un et l'autre décomposés.

L'auteur termine en faisant remarquer que des tubes pareils à ceux qu'il avait employés pour la production de son gaz acide chlorhydrique liquide, et qui avaient été chargés d'acide car-

bonique liquide en octobre 1860, n'avaient subi aucune perte en février 1865.

MINÉRALOGIE. GÉOLOGIE.

E. Fuchs, ingénieur au corps impérial des mines. Mémoire sur le gisement de chlorure de potassium de Stassfurt-Anhalt.

Ce travail nous présente une étude remarquable d'un puissant gisement de sels de composition diverse, découvert il y a peu d'années, non loin de Magdebourg (Prusse), à Stassfurt et à Anhalt.

Ce vaste dépôt, situé à la partie inférieure de la formation triasique, est recouvert par des grès, calcaires et schistes bitumineux, équivalents des grès bigarrés.

Les sels principaux qui le composent sont : le sel gemme alternant avec des filets minces et réguliers d'anhydrite ; un chlorure de sodium impur avec polyhalite (sulfate multiple de potasse de chaux et de magnésie) ; la kiésérite (sulfate de magnésie) ; la carnallite (chlorure double de potassium et de magnésium) ; la tachydrite (chlorure double de calcium et de magnésium), la stassfurtite (variété de boracite). On y trouve en outre quelques substances telles que la sylvine (chlorure de potassium), le brome et le rubidium.

Ces dépôts sont maintenant l'objet d'une active exploitation décrite avec grand soin par l'auteur de ce mémoire. Mais la partie la plus originale de son travail consiste dans l'explication qu'il a donnée de la formation de ce gisement.

L'auteur de la plus ancienne théorie, M. Reichardt, admet que ces masses énormes de sels sont produites par l'évaporation d'une ancienne mer dont les eaux se seraient de plus en plus concentrées ; plusieurs raisons physiques et chimiques rendent ici cette théorie inadmissible. Les calculs prouvent, entre autres, que la mer dont la dessiccation aurait produit la masse de sel aujour-

d'hui connue aurait eu 20,000 mètres de profondeur. Or ni la topographie, ni la géologie de ce pays n'autorisent cette supposition.

M. Bishof, s'appuyant sur les faits qui se passent actuellement dans la mer Caspienne et quelques autres mers, avait proposé une seconde explication et pensait que de nombreux cours d'eau chargés de sels dissous dans leur parcours auraient amené dans cette mer des eaux qui s'y seraient peu à peu concentrées. La dessiccation serait expliquée, suivant M. Bishof, par une élévation de la température au-dessus de 100°, fait qui rendrait compte de la plupart des phénomènes chimiques opérés dans ce bassin, tels que la formation de l'anhydrite, etc. Cette théorie préférable à la précédente ne résiste cependant pas à de sérieuses objections que l'auteur énonce dans son travail :

« Sans parler, dit-il, des nombreuses difficultés de détail qu'entraînent ces hypothèses, souvent contradictoires, sur l'influence du temps et de la pression, la nécessité d'invoquer, pour expliquer la présence de la boracite, des dislocations postérieures au dépôt des trois premières zones et dont on ne retrouve pas de traces dans ce gisement; l'absence de toute interprétation relative à l'existence de la tachydrite après le dépôt du sulfate de magnésie ; enfin et surtout la difficulté d'expliquer comment et par où a pu s'échapper l'eau du gypse, alors qu'au contraire la netteté des couches de sel gemme et la régularité de leur superposition aux filets d'anhydrite sont incompatibles avec les perturbations qu'eût nécessairement entraînées le passage de l'eau provenant du gypse sous-jacent, tout cela ne nous permet pas de considérer la théorie de M. Bishof comme une solution définitive du problème de l'origine du gisement de Stassfurt. »

Aussi M. Fuchs a-t-il cru préférable d'y substituer une nouvelle théorie dans laquelle il démontre que les forces éruptives ont tenu une large part dans la formation de ce gisement :

« A la suite d'une dislocation de l'écorce terrestre, des émanations sous forme de gaz et de sources thermales arrivent dans

un bassin fermé occupé par un lac, ou mieux par une larg gune d'eau salée. L'épanchement a lieu, comme on le vo jourd'hui encore dans les salzes, tantôt par les bords, tant le fond même du bassin, et leur premier effet est d'éle température de ce dernier et d'y apporter des matières bou analogues aux salbandes des filons et provenant de la décom tion des roches sur leur passage. Quant aux substances s qu'elles tiennent en dissolution, elles sont nécessairemen variables et se confondent très-souvent dans les dépôts avec qui se trouvaient primitivement dans les eaux du bassin. »

Le sulfate de chaux qui est d'origine thermale se dépose bord par le fait de la haute température à l'état d'anhydrite, à l'état de gypse. L'intermittence des sources donne ensuil bancs de sel gemme alternant avec de minces couches d'a drite. Puis s'effectue le dépôt d'un sulfate double de chaux soude ou de potasse. Les différences dans la force et la r des émanations expliquent la variabilité dans la suite des d Les eaux mères se refroidissant abandonnent successivem kiésérite, la polyhalite, la carnallite, et c'est ainsi que c matière prend dans cette théorie la place que lui assigne la cession des phénomènes naturels. Des expériences de labor viennent encore confirmer et soutenir cette ingénieuse ex tion. M. Fuchs ne la borne pas, du reste, à ce gisement, r la relie aux phénomènes généraux de la sédimentation :

« Ce n'est pas là, dit-il, un fait isolé, et dans la plupa phénomènes où la sédimentation a joué un grand rôle, el presque jamais été que la cause seconde, venant compléter tion des forces éruptives et des émanations qui l'avaient p dée......

« Les gisements salins qui, pendant longtemps, semblaier le résultat de la seule sédimentation, ne font donc que rentrer la loi générale, en ayant, eux aussi, une origine mixte. »

Après ce remarquable examen de la formation du giseme lin, M. Fuchs décrit successivement son exploitation, la p

ration des matières extraites, le traitement de la carnallite et termine par un chapitre sur les applications du chlorure de potassium et des produits accessoires de sa fabrication.

Il nous montre de quelle immense utilité a été pour l'industrie et l'agriculture cette mine inépuisable de sel de potasse dont l'Europe commençait à manquer.

Les végétaux demandent au sol une certaine proportion de sels minéraux nécessaire à leur substance. La privation de ces sels et surtout de la potasse ralentit leur croissance et devient pour eux la cause de la maladie dont leur culture n'offre que de trop nombreux exemples ; mais leur rareté les rendait jusqu'à ce jour hors de prix pour le propriétaire. Aussi, lorsque le gisement de Stassfurt fut découvert, ces produits trouvèrent dans l'agriculture une application sur une immense échelle. On chercha la meilleure manière de profiter de cette ressource inattendue, et, après quelques essais, on accorda la préférence aux matières suivantes :

1° Le *sel de potasse*, produit secondaire du sulfate de potasse, renfermant aussi du sulfate de magnésie et du chlorure de sodium.

2° L'*engrais de potasse* qui se retire d'un produit accessoire de la fabrication du sulfate de potasse, au moyen de la kiésérite.

E. F.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A L'OBSERVATOIRE DE GENÈVE

sous la direction de

M. le Prof. E. PLANTAMOUR

PENDANT LE MOIS DE SEPTEMBRE 1865.

Le 1er, forte rosée : halo solaire partiel à plusieurs reprises dans la matinée.

2, 3, 4, 5, rosée le matin ; le 5 de 6 h. 15 m. à 7 h. du soir, éclairs et tonnerres, l'orage passe du SSE. au SO. au sud de l'observatoire. Un second orage éclate plus tard, de 9 h. 30 m. à 10 h. 30 m. ; éclairs et tonnerres continuels du côté du NNE.

6, de 4 h. 20 m. à 6 h. 10 m. du soir, tonnerres continuels, l'orage passe du SE. au sud et SSO., il tombe quelques gouttes de pluie un peu avant 6 h. Plus tard dans la soirée éclairs dans toute la partie ouest de l'horizon.

7, depuis 6 h. 15 m. du soir, éclairs continuels dans toutes les parties du ciel ; on entend le tonnerre de 7 h. 35 m. à 9 h. 20 m.

8, 9, 10, rosée le matin ; le 10, halo solaire partiel à plusieurs reprises dans l'après-midi.

11, rosée, couronne lunaire dans la soirée.

12, 14, 15, 16, 17, 18, 20, 21, 22 rosée le matin et le soir.

22, éclairs au SE. le soir.

23, id.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.

MAXIMUM.	mm	MINIMUM.	mm
Le 3, à 8 h. matin ...	733,91	Le 7, à 4 h. après-m.	729,54
11, à 8 h. matin ...	735,91	16, à 4 h. après-m.	730,67
19, à 8 h. matin ...	734,87	21, à 4 h. après-m.	728,27
26, à 8 h. matin ...	736,14		

GENEVE. — SEPTEMBRE 1865.

Jours du mois.	Baromètre.		Température C.				Tension de la vap		Fract. de saturation en millièmes.				Pluie ou neige		Vent dominant.	Clarté moy. du Ciel.	Temp. du Rhône.		Limnimètre à midi
	Hauteur moy. des 24 h.	Écart avec la hauteur normale.	Moyenne des 24 heures.	Ecart avec la temp. normale.	Minim.	Maxim.	Moy. des 24 h	Ecart avec la tension normale.	Moy. des 24 h.	Ecart avec la fraction norm.	Minimum.	Maximum.	Eau tomb. d. les 24 h.	Nomb. d'h.			Midi.	Ecart avec la temp. normale.	
	millim.	millim.	°	°	°	°	mm	mm					mm				°		pouces
1	732,24	+ 4,75	+15,06	−1,26	+ 8,3	+22,5	9,64	−0,54	760	+ 12	550	960	..	..	variable	0,46	19,0	+ 0,8	71,0
2	732,85	+ 5,39	+16,89	+0,68	+11,7	+22,1	10,93	+0,78	772	+ 21	520	950	..	.	N. 1	0,04	18,8	+ 0,6	70,5
3	732,87	+ 5,44	+17,21	+1,11	+11,0	+23,5	11,47	+1,36	794	+ 40	560	970	...	..	N. 1	0,00	. .	.....	70,5
4	732,02	+ 4,62	+17,99	+2,01	+11,0	+25,4	11,57	+1,49	763	+ 7	490	980	.	..	variable	0,11	18,2	+ 0,2	70,5
5	732,87	+ 5,51	+19,57	+3,71	+13,7	+25,3	13,20	+3,16	779	+ 20	590	960	0,8	2	variable	0,53	18,8	+ 0,9	70,0
6	732,08	+ 4,75	+18,53	+2,79	+12,9	+25,1	12,30	+2,30	780	+ 19	580	950	0,1	1	N. 1	0,41	18,9	+ 1,0	70,0
7	730,81	+ 3,51	+18,54	+2,92	+12,9	+24,0	12,28	+2,32	775	+ 11	570	940	2,1	3	N. 1	0,39	. .	.....	69,5
8	731,31	+ 4,04	+18,95	+3,45	+13,0	+25,5	12,11	+2,19	762	− 5	490	960	..	.	SSO. 1	0,33	18,6	+ 0,9	69,3
9	733,02	+ 5,79	+18,77	+3,41	+14,0	+25,0	13,00	+3,12	808	+ 39	640	910	...	..	N. 1	0,17	18,8	+ 1,2	69,2
10	734,63	+ 7,43	+19,00	+3,76	+12,5	+26,3	12,12	+2,28	759	− 13	490	990	. .	..	N. 1	0,22	...	.....	68,8
11	735,05	+ 7,88	+20,12	+5,01	+13,9	+26,8	13,16	+3,36	753	− 21	560	930	..	.	N. 1	0,04	19,7	+ 1,2	68,5
12	733,62	+ 6,48	+18,50	+3,52	+13,6	+23,6	11,74	+1,99	744	− 33	560	950	..	..	NNE. 2	0,19	20,1	+ 2,7	68,2
13	733,18	+ 6,07	+15,34	+0,49	+12,4	+20,5	8,82	−0,88	699	− 81	530	810	...	.	N. 1	0,04	20,1	+ 2,8	69,0
14	733,67	+ 6,60	+15,08	+0,36	+ 8,8	+21,2	9,80	+0,15	770	− 12	570	960	..	..	N. 1	0,00	20,0	+ 2,8	67,8
15	732,73	+ 5,69	+16,40	+1,82	+10,0	+23,8	10,22	+0,62	748	− 37	470	950	...	..	N. 1	0,00	19,9	+ 2,8	67,5
16	731,50	+ 4,49	+16,45	+2,01	+10,0	+23,1	10,42	+0,87	756	− 31	490	930	...	.	variable	0,01	20,2	+ 3,1	67,2
17	731,84	+ 4,86	+16,44	+2,14	+ 9,3	+23,9	10,61	+1,11	761	− 29	500	930	..	..	N. 1	0,16	...	.....	65,8
18	733,10	+ 6,15	+16,61	+2,45	+ 9,2	+23,8	9,54	+0,09	694	− 99	480	960	...	..	N 1	0,01	19,7	+ 2,6	66,0
19	733,85	+ 6,94	+15,94	+1,92	+10,3	+22,0	10,56	+1,16	789	− 6	600	930	...	..	N. 1	0,04	20,0	+ 3,2	66,0
20	732,77	+ 5,89	+15,75	+1,87	+ 8,7	+23,0	10,49	+1,14	792	− 6	480	970	...	..	N. 1	0,00	19,9	+ 3,2	65,7
21	729,49	+ 2,64	+16,51	+2,78	+ 9,3	+23,8	11,25	+1,96	802	+ 2	500	960	..	..	N. 1	0,14	19,9	+ 3,3	65,0
22	730,25	+ 3,43	+17,17	+3,59	+11,0	+24,2	10,58	+1,35	740	− 63	510	950	...	.	N. 1	0,03	19,8	+ 3,3	64,2
23	732,61	+ 5,82	+16,57	+3,14	+10,3	+22,5	9,63	+0,46	699	−106	490	950	...	..	N. 1	0,10	19,7	+ 3,3	64,0
24	734,88	+ 8,12	+14,99	+1,71	+ 8,9	+21,7	9,07	−0,04	729	− 78	440	920	..	..	N. 1	0,06	..	.....	63,5
25	734,90	+ 8,17	+14,88	+1,75	+ 8,0	+21,4	8,76	−0,29	709	−100	500	960	. .	..	N. 1	0,02	19,8	+ 3,6	63,3
26	734,45	+ 7,75	+14,20	+1,22	+ 7,5	+20,8	8,80	−0,19	736	− 75	520	930	...	..	N. 1	0,03	19,7	+ 3,6	62,5
27	732,17	+ 5,50	+14,61	+1,79	+ 7,9	+22,6	9,09	+0,16	744	− 69	420	920	...	..	N. 1	0,20	19,7	+ 3,7	61,5
28	731,84	+ 5,19	+13,89	+1,23	+ 6,9	+22,0	7,63	−1,24	680	−135	410	950	...	..	variable	0,03	19,6	+ 3,7	60,5
29	730,09	+ 3,47	+13,77	+1,27	+ 6,4	+22,0	8,21	−0,60	709	−108	500	940	...	..	variable	0,00	19,5	+ 3,8	60,0
30	728,00	+ 1,40	+13,07	+0,73	+ 5,9	+20,2	8,31	−0,44	754	− 65	440	950	...	..	variable	0,11	19,1	+ 3,5	58,7

MOYENNES DU MOIS DE SEPTEMBRE 1865.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h. s.
Baromètre.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade,	732,83	733,10	733,16	732,64	732,07	731,69	731,70	732,53	732,83
2e »	733,61	733,95	733,86	733,35	732,62	732,23	732,21	732,75	733,01
3e »	732,52	732,85	732,71	732,07	731,26	730,76	730,81	731,28	731,63
Mois	732,99	733,30	733,24	732,69	731,98	731,56	731,58	732,18	732,49
Température.									
	o	o	o	o	o	o	o	o	o
1re décade	+12,51	+17,25	+19,59	+21,73	+22,94	+23,17	+21,85	+19,47	+16,99
2e »	+10,97	+15,27	+18,51	+20,36	+22,11	+22,46	+20,85	+17,57	+15,02
3e »	+ 8,63	+12,95	+17,38	+19,29	+21,12	+20,98	+19,04	+15,85	+13,30
Mois	+10,71	+15,16	+18,49	+20,46	+22,06	+22,20	+20,58	+17,63	+15,10
Tension de la vapeur.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade,	10,32	12,29	12,35	11,99	12,13	12,24	12,18	12,79	11,92
2e »	9,19	10,57	10,43	10,66	10,95	11,03	11,92	11,15	10,35
3e »	7,96	9,23	9,51	8,87	9,02	10,13	10,33	9,61	9,00
Mois	9,16	10,70	10,77	10,50	10,70	11,14	11,48	11,18	10,42
Fraction de saturation en millièmes.									
1re décade,	952	840	725	616	581	581	625	762	831
2e »	932	808	653	592	552	551	647	749	808
3e »	943	828	637	528	483	550	628	720	791
Mois	942	825	672	579	539	561	633	744	810

	Therm. min.	Therm. max.	Clarté moyenne du Ciel.	Température du Rhône.	Eau de pluie ou de neige.	Limnimètre.
	o	o		o	mm	p.
1re décade,	+12,10	+24,47	0,27	+18,73	3,00	69,93
2e »	+10,62	+23,17	0,05	+19,96	0,00	67,27
3e »	+ 8,21	+22,07	0,07	+19,64	0,00	62,32
Mois	+10,31	+23,24	0,13	+19,50	3,00	66,51

Dans ce mois, l'air a été calme 2 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui 1,69 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 12°,1 O. et son intensité est égale à 29 sur 100.

TABLEAU

DES

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AU SAINT-BERNARD

pendant

LE MOIS DE SEPTEMBRE 1865.

Le 21, vers les 5 heures du soir, une légère pluie pendant un quart-d'heure; l'eau tombée n'était pas mesurable.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.

MAXIMUM.	mm	MINIMUM.	mm
Le 5, à 10 h. soir....	575,05	Le 7 et 8, à 4 h. après m.	572,70
10, à 8 h. soir.....	576,63	16, à 6 h. matin ..	572,44
18, à 10 h. soir.....	574,79	21, à 2 h. après m.	570,74
25, à 10 h. soir.....	574,64		

SAINT-BERNARD. — SEPTEMBRE 1865.

Baromètre. Hauteur moy. des 24 heures.	Baromètre. Ecart avec la hauteur normale.	Baromètre. Minimum.	Baromètre. Maximum.	Température, C. Moyenne des 24 heures.	Température, C. Ecart avec la température normale.	Température, C. Minimum.[1]	Température, C. Maximum.[1]	Pluie ou neige. Hauteur de la neige.	Pluie ou neige. Eau tombée dans les 24 h.	Pluie ou neige. Nombre d'heures	Vent dominant.	Clarté moy. du Ciel.
millim.	millim.	millim.	millim.	o	o	o	o	mm	mm			
570,00	+ 2,19	568,94	570,60	+ 2,54	— 2,19	— 1,1	+ 6,4	....	......	......	NE. 2	0,74
572,77	+ 5,02	571,64	573,90	+ 5,93	+ 1,29	+ 2,3	+ 8,8	......	......	......	NE. 1	0,39
573.95	+ 6,26	573,46	574,31	+10,12	+ 5,57	+ 5,7	+14,3	......	......	......	NE. 1	0,00
573,93	+ 6,30	573,59	574,51	+ 9.83	+ 5,37	+ 6,6	+13,2	......	......	......	NE. 1	0,07
574,68	+ 7,11	574,47	575,05	+ 8,83	+ 4,46	+ 6,6	+11,2	......	......	......	variable	0,54
573,71	+ 6,21	573,46	574,06	+ 9,04	+ 4,77	+ 7,2	+11,3	......	......	......	variable	0,52
573,08	+ 5,65	572,70	573,37	+ 7.67	+ 3,50	+ 5 0	+13,1	......	......	......	SO. 2	0,58
573,17	+ 5.81	572,70	573,70	+ 6.04	+ 1.97	+ 4,9	+ 8,6	......	......	......	SO. 1	0,65
574.25	+ 6,96	573.66	575,00	+ 7,35	+ 3,38	+ 4,7	+10,8	......	......	......	NE. 1	0,41
575,93	+ 8,71	575,47	576,63	+ 9,30	+ 5,43	+ 7,2	+11,9	......	......	......	NE. 1	0,31
576,35	+ 9,20	576,13	576,59	+ 9.72	+ 5,96	+ 7,8	+11,9	......	......	......	NE. 1	0,36
573,82	+ 6,74	573,13	574,85	+ 8,12	+ 4 47	+ 6,3	+10,9	......	......	......	NE. 2	0,42
572.98	+ 5,98	572,60	573,42	+ 8 50	+ 4,96	+ 5,5	+11,4	......	......	......	NE. 1	0,00
573.77	+ 6,85	573,15	574,09	+ 8,94	+ 5,51	+ 7,1	+11,3	......	......	......	NE. 1	0,02
573,48	+ 6,63	573.34	573,67	+10,24	+ 6,92	+ 7,3	+14,3	......	......	......	NE. 1	0,02
572.76	+ 5,98	572,44	573.07	+ 9,78	+ 6,58	+ 7,9	+13,2	......	......	......	NE. 1	0,00
572,89	+ 6,19	572,61	573,40	+ 8,67	+ 5,59	+ 6,5	+12,0	......	......	......	NE. 1	0,08
573,98	+ 7.36	572,83	574.79	+ 8,70	+ 5,74	+ 4,9	+11,8	......	......	......	NE. 1	0,00
574,16	+ 7,62	573,81	574.42	+10,22	+ 7,39	+ 7,0	+13,4	......	......	......	NE. 1	0,00
573,46	+ 7,00	572,91	573,94	+ 8,47	+ 5.76	+ 5,2	+11,4	......	......	......	NE. 1	0,11
571,03	+ 4,65	570,74	571,35	+ 7,57	+ 4,98	+ 5,4	+10,0	......	......	......	NE 1	0,18
571,76	+ 5,46	571.16	572,35	+ 7,87	+ 5,41	+ 4,4	+10,6	......	......	......	SO. 1	0,18
573.06	+ 6,84	572.66	573,90	+ 6,99	+ 4.66	+ 5,2	+ 9,8	......	......	......	NE. 1	0,50
574.35	+ 8,21	573,87	574,58	+ 6.88	+ 4,68	+ 4.6	+ 9,8	......	......	......	NE. 1	0,18
574,18	+ 8,12	573,94	574.64	+ 6,13	+ 4,06	+ 4,2	+ 8,2	......	......	......	variable	0,16
573,74	+ 7,76	573,14	574,46	+ 6,50	+ 4,56	+ 2.8	+10,6	......	......	......	variable	0,00
572,35	+ 6,45	572,17	572,64	+ 0 77	— 1,04	+ 0,1	+ 2,7	......	......	......	SO. 2	0,80
571,05	+ 5,23	570.64	571,51	+ 3,11	+ 1,44	0,0	+ 6.3	......	......	......	variable	0,11
569,45	+ 3,71	569.17	569,71	+ 3,55	+ 2,02	+ 0,6	+ 7,6	......	......	......	variable	0,17
567.83	+ 2.18	567.52	568.35	+ 3.17	+ 1.78	+ 1.0	+ 7.2	......	......	......	NE. 1	0,44

MOYENNES DU MOIS DE SEPTEMBI

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	(
Baromètre.							
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	
1re décade,	573,09	573,36	573,62	573,61	573,48	573,48	573
2e »	573,56	573,77	573,96	573,93	573,75	573,74	573
3e »	571,88	572,03	572,11	571,95	571,76	571,69	571
Mois	572,84	573,05	573,23	573,16	573,00	572,97	573
Température							
	o	o	o	o	o	o	(
1re décade,	+ 5,04	+ 7,67	+ 8,97	+10,32	+10,29	+ 9,73	+ 7,
2e »	+ 6,73	+ 9,83	+11,24	+12,03	+11,66	+10,36	+ 9,
3e »	+ 2,96	+ 4,94	+ 5,98	+ 7,37	+ 8,09	+ 7,22	+ 6,
Mois	+ 4,91	+ 7,48	+ 8,73	+ 9,91	+10,01	+ 9,10	+ 7,'

	Min. observé.[1]	Max. observé.[1]	Clarté moy. du ciel.	Eau de ou de r
	o	o.		m
1re décade,	+ 4,94	+10,96	0,42	—
2e »	+ 6,55	+12,16	0,10	—
3e »	+ 2,83	+ 8,28	0,27	—
Mois	+ 4,77	+10,47	0,26	—

Dans ce mois, l'air a été calme 17 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 2,82 à

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 45 est égale à 44 sur 100.

[1] Voir la note du tableau.

DÉVIATION DE L'AIGUILLE AIMANTÉE

PAR LES

COURANTS INDUITS DE LA BATTERIE DE

PAR

M. P. RIESS.

(*Poggend. Ann.*, t. CXXIV, p. 252. — Traduction

---

23. Dans un premier mémoire [1] je me suis oc
la propriété remarquable de la soupape électric
ne laisser passer, suivant sa position, que l'un ou
des deux courants électriques opposés, qui con
le courant secondaire de la batterie. Je rappelle
occasion encore une fois, que la séparation de c
opposés s'effectue avec une sûreté inattendue
soupape dans une disposition normale. Parmi le
nombre d'expériences que j'ai faites, dans lesqu
longueur de la colonne d'air à traverser par le
était d'une ligne, et la pression d'une ou deux li
mercure, jamais la déviation du miroir aimanté
lieu dans le sens d'un courant se dirigeant du d
la pointe, dans la soupape.

La constance que présente la direction ne s'éten
comme on peut le prévoir, à l'amplitude de la dé
Les deux électricités séparées par l'induction et

[1] *Poggend. Ann.*, t. CXX, p. 513. — Voyez *Archiv*
t. XX, p. 275.

ment l'une et l'autre partie du courant secondaire, peuvent de nouveau se réunir par deux chemins : ou bien dans la direction dans laquelle elles ont été séparées, en passant par la soupape ; ou bien dans la direction opposée, en passant par des conducteurs entièrement métalliques. Dans la première alternative seule elles peuvent produire une déviation magnétique. Des observations très-simples qui ont déjà été mentionnées prouvent que cette double égalisation s'effectue chaque fois. Si l'on fait passer l'un après l'autre dans le multiplicateur du galvanomètre, les deux courants opposés qui constituent le courant secondaire, il n'en résulte point de déviation magnétique ; dans chaque courant il y a par conséquent la même quantité d'électricité en mouvement. Cependant les déviations ont été rarement égales, lorsqu'à l'aide de la soupape on opérait sur chaque courant isolé. Les déviations produites par le courant secondaire suivant la direction du courant principal étaient en général sensiblement plus grandes que celles du courant opposé. Le même courant a donné d'ailleurs des déviations très-différentes, selon la pression dans la soupape : en augmentant graduellement la pression de 2 lignes jusqu'à 28 pouces, les déviations ont d'abord diminué d'amplitude et plus tard augmenté de nouveau. Il faut en conclure que les déviations magnétiques produites par le courant secondaire qui traverse la soupape n'accusent pas toute l'électricité en mouvement dans le courant, mais seulement une partie, et que cette partie est variable quand même le courant principal et le courant secondaire n'ont éprouvé aucune variation.

24. Lorsqu'on répète une expérience plusieurs fois de suite, les déviations produites par le courant secondaire,

ne diffèrent pas sensiblement, ainsi que je l'ai montré par plusieurs exemples. Mais si l'on répète l'expérience après un certain laps de temps, l'on obtient souvent des déviations variables, sans qu'on puisse en comprendre immédiatement la cause. La soupape éprouve par l'usage une altération visible; il se forme au centre du disque de laiton une tache brune, qui, sous une pression plus forte, se change en une figure annulaire bleue bordée de rouge. Cette cause d'un changement de déviation est facile à écarter; mais il n'en est pas de même de la suivante. La surface du fil de platine de l'obturateur devient à la longue mate et rugueuse et rend les déviations très-incertaines. J'ai bien réussi pendant un certain temps à remettre la surface en bon état au moyen du brunissoir, mais j'ai été finalement obligé de renouveler les fils de platine des deux soupapes que j'ai utilisées.

Quelques soins qu'on apporte à la disposition de la soupape, on est toujours bien moins sûr d'obtenir une déviation par le courant secondaire que par le courant principal; mais à cet égard, il y a des différences suivant les expériences. Quand le courant secondaire est plus dense, l'état de la soupape a moins d'influence sur les indications du galvanomètre, et j'ai fait observer précédemment que les déviations produites par le courant secondaire le plus dense, celui qui suit la direction du courant principal, sont plus constantes que les autres. Dans ce mémoire je rendrai compte principalement des expériences que j'ai faites sur ce courant, en négligeant le changement de déviation qui doit être attribué à la soupape.

25. La déviation magnétique éprouve des changements essentiels, quand le courant secondaire qui la pro-

duit en éprouve lui-même, soit indirectement par la disposition du circuit où il se propage, soit directement par une modification dans le courant principal qui l'engendre. Nous devons commencer par indiquer ces changements. Les valeurs qui les représentent ne peuvent pas être obtenues avec assez de constance, pour en déduire la loi qui les relie et qui d'ailleurs serait d'un médiocre intérêt puisqu'elle ne s'appliquerait qu'à la soupape employée. Mais il est important de constater qu'il se produit un changement, parce que l'on obtient ainsi un moyen de distinguer complétement les déviations qui résultent du courant principal, de celles qui résultent du courant secondaire : un petit nombre d'essais suffisent pour reconnaître auquel des deux courants une déviation obtenue doit être attribuée, comme nous allons le voir. Je passerai ensuite aux expériences sur l'extra-courant dans le circuit principal, et enfin à la description d'un mode particulier d'excitation de courants d'un ordre supérieur, mode qui établit une différence entre ces courants et le courant secondaire.

Déviation par le courant secondaire lors d'une altération du courant principal.

26. Le courant de décharge de la batterie est altéré lorsqu'on modifie la quantité ou la densité de l'électricité accumulée dans la batterie, ou bien lorsqu'on change les dimensions ou la nature de l'arc de fermeture. Ces changements, que la quantité de chaleur dégagée mettent en évidence, sont soumis à des lois qui ont été nettement formulées. Il n'en est plus de même quand on étudie le courant par la déviation magnétique qu'il produit. Cette

dernière ne dépend que de la quantité d'électricité, et lui est proportionnelle. Si la quantité d'électricité est constante, la déviation l'est également, quel que soit le nombre de bouteilles dont la batterie est composée, quel que soit l'arc de fermeture qui peut être formé d'un métal ou d'un autre, qui peut avoir des dimensions quelconques, être interrompu par de l'air ou par des liquides, roulé en spirale ou autrement. Aux preuves déjà connues de ce principe, j'en ajouterai une nouvelle. On a disposé dans le circuit de la batterie une soupape électrique, à 1 ligne de pression; ce circuit était aussi court et aussi bon conducteur que possible et n'était formé que de parties rectilignes, à l'exception de la bobine du galvanomètre de 30 pieds de longueur indispensable pour l'expérience. L'on a employé la quantité d'électricité 10. Une division de l'échelle correspondait à un arc de 1',14.

Déviation par le courant principal de la batterie.

Conducteur intercalé dans le circuit	Nombre de bouteilles	Déviation du galvanomètre div.
Rien	2	11,5
»	3	11,6
»	7	11,0
Fil de platine 101',7 de long et 0''',0554 de diamètre	3	11,4
Colonne d'eau distillée de $14^1/_3$'' de long et $1^1/_3$''' de diamètre...........	3	11,2

La déviation magnétique par le courant de décharge de la batterie se maintient à peu près sans changement, lors même qu'on interrompt le circuit par la soupape électrique, quel que soit le nombre de bouteilles dans lesquelles la quantité constante d'électricité est accumulée et quelle que soit la conductibilité du circuit.

Tout changement dans le courant principal entraîne dans le courant secondaire un changement correspondant qui, lorsque le circuit secondaire est tout métallique, se manifeste par l'échauffement. Quand le circuit secondaire est métallique, la déviation magnétique par le courant secondaire ne se produit point; pour l'étudier il faut intercaler une soupape dans le circuit, afin de ne mettre en circulation qu'une seule des deux parties du courant secondaire.

27. On a formé l''arc de fermeture de la batterie de fils d'un métal bon conducteur, entre lesquels était placée une spirale plate de $5^3/_4$ pouces de diamètre, faite d'un fil de cuivre de 13 pieds de long et 0,55 ligne d'épaisseur. La spirale secondaire, semblable à la première, se trouvait à 1 ligne de celle-ci et au-dessus d'elle; ses extrémités étaient reliées à la bobine du galvanomètre à miroir par des fils disposés de façon à pouvoir introduire dans le circuit une soupape électrique placée sur la pompe pneumatique. La fermeture de la spirale secondaire s'effectuait ainsi par un fil de cuivre de 79 pieds de longueur et $\frac{17}{24}$ de ligne d'épaisseur (dont 30 pieds provenaient de la bobine du galvanomètre), par $8^1/_4$ pieds d'un fil de cuivre de $\frac{10}{24}$ de ligne d'épaisseur et par un intervalle d'air de 1 ligne dans la soupape, cet air étant raréfié à une pression de 1 ligne de mercure.

Pour changer seulement la quantité d'électricité du courant principal, il fallait employer un nombre différent de bouteilles. Les expériences qui suivent ainsi que toutes celles dans lesquelles on a supprimé le signe positif de la déviation du galvanomètre, se rapportent au courant secondaire qui a la même direction que le courant

principal. Le galvanomètre était plus sensible que celui qui avait servi aux expériences rapportées dans mon premier mémoire; la quantité d'électricité se mesurait comme précédemment à l'aide de la bouteille électrométrique dont les boules étaient à une distance de $^1/_2$ ligne.

La quantité d'électricité

3 dans	2 bouteilles	donna une	déviation de	13	divisions.
6 »	4	»	»	25	»
9 »	6	»	»	37	»

Les déviations sont aussi exactement proportionnelles qu'on pouvait l'attendre, à la quantité d'électricité dans la batterie et par conséquent à la quantité d'électricité mise en mouvement dans le courant secondaire.

28. Quand rien n'est changé dans la batterie, la densité de l'électricité augmente avec la quantité; mais la déviation magnétique produite par le courant principal reste proportionnelle à la quantité d'électricité accumulée. Il n'en est pas de même avec le courant secondaire. En employant trois bouteilles, on a obtenu avec une charge croissante les déviations suivantes :

Quantité d'électricité	q	2	4	6	8	10
Déviation	e	6	16	32	49	62
	$\frac{e}{q}$	3	4	5,3	6,1	6,2

Les déviations augmentent plus rapidement que la quantité d'électricité employée pour la charge de la batterie, et, par conséquent, plus rapidement aussi que la quantité d'électricité qui est en mouvement dans le courant secondaire; d'où il résulte que la quantité d'électricité étant constante, les déviations augmentent avec la densité, comme on peut facilement le prouver directement.

La pression de l'air dans la soupape étant de 2 lignes, la quantité d'électricité 10 a donné par la décharge de

7	bouteilles	une déviation de	33	divisions.
5	»	»	48	»
3	»	»	58	»

Il va sans dire que ces déviations ne se rapportent qu'à la soupape employée et à l'état dans lequel elle se trouvait. En tous cas on peut donner à l'électricité de la batterie une densité telle que le courant secondaire ne traverse pas la soupape et ne produise ni lumière ni déviation magnétique; avec une densité un peu supérieure, la partie du courant qui traverse la soupape est très-variable et l'amplitude de la déviation incertaine.

D'après le rapport qui a été constaté entre la déviation et la densité de l'électricité dans la batterie, on peut conclure que la rapidité avec laquelle le courant secondaire arrive à la soupape ne doit pas tomber au-dessous d'une certaine limite, à partir de laquelle il retourne dans la direction même dans laquelle il a été produit. Plus la rapidité dépasse cette limite, plus est grande la proportion de l'électricité produite qui traverse la soupape et par conséquent le galvanomètre. Il en résulte que toutes les dispositions qui apportent un changement à la rapidité du courant principal, et par cela même au courant secondaire, modifient les déviations dans le même sens.

29. La manière la plus connue et la plus fréquemment employée pour changer la rapidité du courant de décharge, consiste à changer la fermeture de la batterie. Dans l'arc de fermeture dont il a été question jusqu'à

présent, et qui était bon conducteur, on a introduit différentes longueurs d'un fil de platine mince; la batterie se composait de trois bouteilles, la quantité d'électricité employée pour la charge était 10 et l'on observait la déviation produite par le courant secondaire ; la pression de l'air dans la soupape était de 2 lignes.

Longueur du fil de platine de 0,0554 lig. du diamètre intercalé dans le courant principal.	Déviation du galvanomètre par le courant secondaire.
0 pieds.	56 divisions.
0,48 »	27,5 »
1,95 »	14 »
9,78 »	9 »
19,55 »	4,7 »
39,1 »	0 »

On reconnaît ici la grande influence qu'exerce le degré de conductibilité de la fermeture principale sur la déviation produite par le courant secondaire. Il va sans dire que ce courant traversait en outre une soupape, aussi ne le mentionnerai-je plus dorénavant. Quelle que soit l'intensité de la charge, on pourra toujours trouver une longueur d'un fil quelconque, dont l'insertion dans l'arc principal empêche d'obtenir une déviation par le courant secondaire. Aussi, pour obtenir les plus grandes déviations possibles par le courant secondaire, a-t-on composé l'arc principal de parties douées d'une grande conductibilité. Au contraire, les déviations dues au courant principal, lors même que celui-ci traverse une soupape, ne sont pas influencées par la composition de l'arc de fermeture (26).

30. Parmi les différentes dispositions destinées à changer le courant primaire, je n'en citerai qu'une seule qu'il est facile d'effectuer. Si, dans le circuit principal,

il se trouve une spirale plate, l'échauffement produit dans le circuit par la décharge de la batterie pourra être considérablement diminué si l'on approche de la spirale une feuille d'argent faux (voy. mon *Traité d'électricité*, § 842). On en conclut qu'il se produit ainsi une diminution dans la rapidité du courant.

On a formé sur un rouleau de carton une spirale cylindrique de 16 $^3/_4$ tours, faite avec un fil de cuivre recouvert de gutta-percha, de 13 pieds de long et $^{17}/_{24}$ de ligne d'épaisseur, et l'on a placé au-dessus une spirale semblable de 14 $^1/_6$ pieds de longueur. La spirale inférieure a été intercalée dans le circuit principal de la batterie, la supérieure dans le circuit secondaire qui contenait encore la soupape et la bobine du galvanomètre. Dans le circuit principal, on avait inséré en outre l'une des deux spirales plates de 13 pieds, utilisées précédemment, qu'on pouvait alternativement laisser libres ou recouvrir d'une feuille de papier d'argent faux placée entre deux lames de verre. Après avoir chargé 3 bouteilles d'une quantité d'électricité =10, j'ai obtenu par le courant secondaire :

	Déviations magnétiques.		
Avec la spirale libre......	80	78	77 divisions.
» » couverte...	34	39	43 »

Ce résultat prouve que le ralentissement du courant principal est accompagné d'une grande diminution de l'amplitude de la déviation due au courant secondaire. Les grandes différences que présentent les déviations, quand on fait usage de la spirale couverte, s'expliquent par l'état du papier d'argent qui change à chaque expérience; la lame métallique brûle en plusieurs points,

comme on peut s'en assurer par la lueur qu'elle dégage pendant la décharge, ou en l'examinant après l'expérience.

31. Dans ces expériences, la soupape était disposée de telle façon que la portion du courant secondaire, qui suit la même direction que le courant principal, rencontrât le disque de la soupape et que les déviations s'effectuassent dans le sens de ce courant. Tous les changements de déviation mentionnés ci-dessus n'étaient pas moins évidents quand, en donnant une position inverse à la soupape, on faisait agir sur le galvanomètre le courant secondaire opposé au courant principal. Le résultat de ces expériences se résume, sans restriction, comme suit : *La déviation magnétique produite par le courant secondaire est proportionnelle à la quantité d'électricité accumulée dans la batterie ; elle varie, et dans le même sens, avec la densité de cette électricité, avec le degré de conductibilité de l'arc principal et avec la rapidité du courant de décharge modifié par d'autres moyens.*

La loi de cette variation change selon la nature de la soupape, toutefois la déviation est d'autant plus grande que l'électricité dans la batterie est plus dense, que la conductibilité du circuit principal est meilleure et en général que la rapidité du courant principal est plus grande.

Déviation par le courant secondaire lorsqu'on modifie le circuit secondaire lui-même.

32. Les changements du courant secondaire, que l'on peut reconnaître par l'effet calorifique, ont été opérés soit en allongeant le circuit secondaire à l'aide de fils de platine (*Traité d'électricité*, § 842), soit en donnant à la

partie non excitée du circuit des formes différentes que j'ai désignées par formes en N et en U (*ibid.*, § 886).

Le courant secondaire a été excité de la même manière que précédemment (27) dans une spirale plate, dont les bouts étaient en communication avec la soupape et avec le galvanomètre. On a introduit dans ce circuit deux fils de cuivre de $^1/_2$ ligne d'épaisseur, longs ensemble de 6 $^1/_4$ pieds, dont les extrémités étaient reliées par un fil de platine d'une longueur variable. Trois bouteilles étaient chargées d'une quantité d'électricité = 10 ; la pression de l'air dans la soupape était de 2 lignes.

Long. du fil de platine de 0,0554 l. du diam. intercalé dans le circuit secondaire.	Déviations du galvanomètre.
0 pieds.	57 divisions.
1,95 »	42 »
3,91 »	30,5 »
7,82 »	17,5 »
15,64 »	9 »
23,46 »	6 »
39,1 »	3 »

Par l'allongement successif du fil de platine introduit dans le circuit secondaire, la déviation du galvanomètre est tombée de 57 à 3 divisions ; on n'a pas jugé nécessaire de la faire entièrement disparaître, ce qui aurait eu lieu en employant une longueur de fil de platine plus grande que la dernière indiquée.

Nous avons vu plus haut que la rapidité du courant secondaire est diminuée quand ce dernier est excité par un courant principal plus lent ; ici l'on produit immédiatement cette diminution par l'allongement du parcours du courant. L'effet exercé sur la déviation est le même ; plus est petite la vitesse avec laquelle le courant entre

dans la soupape, plus est petite aussi la quantité d'électricité qui la traverse. Il convient de rappeler en passant qu'il y a ici aussi un changement médiat de rapidité dans le courant secondaire, puisque l'allongement du circuit secondaire ralentit le courant principal. Cette cause médiate de retard du courant secondaire est toutefois subordonnée à la cause immédiate, puisque le ralentissement du courant principal offre un maximum qui se présente toujours pour une certaine longueur du fil intercalé, tandis que le retard immédiat du courant secondaire augmente continuellement avec la longueur du fil.

33. En employant successivement, pour fermer le circuit secondaire, trois fils semblables, dont l'un en forme d'arc très-ouvert, le second enroulé en spirale et le troisième courbé de manière à former une succession de U dans la même position, j'avais trouvé que l'échauffement produit par le courant est le plus faible avec la forme N (la spirale) et le plus fort avec la forme U. Le premier courant était au second comme 60 est à 114 (*Pogg. Ann.*, t. LXXXIII, 330). Pour écarter toute incertitude dans l'interprétation de ces expériences, je les ai répétées plus tard avec deux longs fils attachés l'un à l'autre, de telle façon que la forme N se trouvait établie par la réunion de deux fils placés en sens opposé, et la forme U par deux fils placés dans le même sens. Dans ce cas, le changement éprouvé par le courant secondaire était beaucoup plus grand, car le courant le plus faible était au plus fort comme 3 est à 16. (*Compt. rend. de l'Acad. de Berlin,* 1862, p. 352.)

Comme le sens du changement des déviations dues au courant secondaire est d'une plus grande importance que sa valeur absolue, je me suis servi, dans les expériences

suivantes, de la première de ces dispositions, qui est plus commode. On a étendu un fil de cuivre de 53 pieds de longueur et $^5/_8$ de ligne d'épaisseur, soutenu par des cordonnets de soie ; un autre fil était enroulé en une spirale plate de près d'un pied de diamètre, et un troisième était recourbé sur une planche de manière à former 25 U de même ouverture (table d'U). Trois bouteilles étaient chargées d'une quantité d'électricité 10 ; la pression de l'air dans la soupape était de 1 $^1/_2$ ligne. On a obtenu avec

la forme rectiligne	une déviation de	52	divisions.
»	N	»	31	»
»	U	»	57	»

L'augmentation de la déviation par la forme U était peu considérable, cependant elle était toujours sensible. On ne peut pas la rendre très-grande avec la table d'U, parce que les U sont ou bien trop rapprochés, ou bien trop peu nombreux. Pour obtenir une plus grande amplitude, il faudrait faire usage du long fil double mentionné plus haut. Avec la spirale, il n'y a pas de difficulté à obtenir un effet plus grand que celui qui a été consigné. Ainsi dans une expérience j'ai employé un fil de cuivre recouvert de gutta-percha de 30 pieds de long et $^{17}/_{24}$ ligne d'épaisseur, en forme rectiligne et en spirale cylindrique de 40 tours en quatre couches. Voici les déviations obtenues avec 3 bouteilles chargées d'une quantité d'électricité = 10, la pression dans la soupape étant de 1 $^1/_2$ ligne.

Conducteur intercalé dans le courant secondaire.	Déviations du galvanom.
Rien	31 divisions.
30 pieds de fil de cuivre rectiligne	31 »
» » en forme N	16 »

En intercalant dans le courant secondaire une bobine de fil de cuivre recouvert de caoutchouc, de 78 pieds de longueur et $^{5}/_{12}$ de ligne d'épaisseur, j'ai ramené à 8 divisions une déviation de 60 divisions, ce qu'il faut attribuer presque entièrement à la forme du fil.

34. Les expériences sur l'effet calorifique ont montré que c'est à l'existence d'un courant tertiaire qu'il faut attribuer la différence de rapidité du courant secondaire, résultant d'une forme différente de fermeture, et que la diminution de l'échauffement pouvait être complétement supprimée en approchant un fil fermé près de la forme N servant de fermeture (*Compt. rend. de l'Acad. de Berlin*, 1862, p. 352). Quand on employait des spirales, on ne supprimait pas complétement le changement, mais on l'affaiblissait très-suffisamment. C'est aussi ce qui arrive lorsqu'on étudie le courant secondaire par l'effet magnétique. Sur une hélice (32 tours en une couche) d'un fil de cuivre de 30 pieds de long et $^{17}/_{24}$ de ligne d'épaisseur, on a enroulé 32 pieds du même fil faisant 30 tours. Cette hélice étant insérée dans un circuit secondaire, on a examiné la déviation produite lorsque les deux bouts de ce fil extérieur étaient en communication et lorsqu'ils ne l'étaient pas.

	Sans l'hélice.	L'hélice intercalée.	Le fil extérieur fermé.
Déviation du galvanomètre	63	40	54

Les expériences décrites dans ce paragraphe permettent de conclure que : *la déviation magnétique change dans le même sens que la rapidité du courant secondaire qui la produit, rapidité qui elle-même est déterminée par la disposition de la fermeture du circuit secondaire.*

Déviation par l'extra-courant dans le circuit principal.

35. Le circuit principal de la batterie, aussi court et aussi bon conducteur que possible, a été divisé en deux branches parfaitement égales (21); dans chaque branche se trouvait une bobine de 40 tours en cinq couches superposées, dont le fil de cuivre avait 30 pieds de long et $^{17}/_{24}$ ligne d'épaisseur. Une des bobines était placée immédiatement derrière le miroir magnétique et l'autre à une assez grande distance pour être sans influence sur lui. Chaque branche renfermait aussi une soupape électrique, disposée de manière que le courant de décharge arrivât à la pointe de l'une et au disque de l'autre. Les expériences se faisaient d'abord comme précédemment (21) ; après cela on les répétait en introduisant dans chaque branche, entre la soupape et la bobine, un fil de platine de 4 $^3/_4$ pieds de longueur et 0,042 ligne d'épaisseur. Ces intercalations ne pouvaient pas changer la quantité d'électricité des courants partiels. La charge dans trois bouteilles était $=6$; la pression de l'air dans la soupape de 1 $^1/_2$ ligne ; la position de la soupape est rapportée au courant principal et est indiquée pour la branche qui dévie le miroir ; dans la branche la plus éloignée, elle est en sens inverse. Voici les déviations moyennes de trois observations.

	Fermeture	Position de la soupape		
	métallique.	de pointe.	de plat.	
Sans intercalation.......	+4,1	—81	+89	div.
Fil platine d. chaq. branche	+4,1	— 2,7	+ 9,5	»

Ces expériences ont ceci de remarquable qu'elles montrent, à l'aide d'un seul appareil, ce qui en exigeait plu-

sieurs auparavant. Lintercalation d'un fil de platine dans le circuit ne modifie pas la déviation magnétique produite par le courant primaire, comme nous l'avons vu (26), tandis qu'elle diminue considérablement la déviation provenant de l'extra-courant. La diminution de la déviation par l'extra-courant dans ce cas, a une double cause, savoir : la moins bonne conductibilité qui en résulte, soit pour le courant principal existant (29), soit pour l'extra-courant (32).

36. Toutes les expériences que l'on peut faire sur le courant secondaire développé dans un fil voisin du circuit principal, doivent pouvoir être répétées sur l'extra-courant dans le fil principal. Cela va de soi, et les expériences qui suivent ne peuvent guère nous apprendre quelque chose de nouveau sur le courant secondaire; mais elles pourront servir de corollaire à d'autres expériences plus simples.

Pour ne pas altérer la manière dont le courant se partage en intercalant un conducteur dans les branches, on a choisi la disposition de la précédente expérience avec deux branches égales et deux soupapes. La disposition la plus commode dans laquelle il n'entre qu'une seule soupape (22) donne un résultat moins simple, mais tout aussi décisif. Une bobine de 30 pieds de fil de cuivre disposé en quatre couches formait l'une des branches du circuit, comme dans les expériences du § 22, tandis que l'autre branche était composée des fils conducteurs reliant le multiplicateur du galvanomètre, de ce multiplicateur même et de la soupape électrique. Après avoir observé la déviation quand la fermeture était entièrement métallique, et pour différentes positions de la soupape, on a introduit, à côté de la bobine de fil de cuivre, un fil

de platine de $4\,{}^{3}/_{4}$ pieds de long et 0,042 lignes d'épaisseur, de sorte que la branche courte se composait de la bobine et de ce fil, tandis que rien n'était changé à la longue branche. La pression de l'air dans la soupape était de 1 ligne ; la charge de l'électricité $=6$ dans trois bouteilles. Les résultats indiqués ci-dessous représentent la moyenne de trois expériences.

	Fermeture	Position de la soupape	
	métallique.	de pointe.	de plat.
Dans la branche courte :			
Sans intercalation	+ 1,7	— 141	+ 131
Avec le fil de platine	+ 6,9	— 5,7	+ 13,5

L'insertion du fil de platine, comme il est facile de s'en rendre compte, produisait une grande augmentation dans la déviation par le courant principal, et une grande diminution dans celle due à l'extra-courant. Le partage du courant principal entre les deux branches présente une grande différence dans ces deux expériences : avant l'intercalation du fil de platine la portion du courant principal qui passait par la bobine du galvanomètre était très-petite ; après, au contraire, la plus grande partie de ce courant prenait cette voie. L'extra-courant était d'abord excité principalement dans la bobine éloignée du galvanomètre, et ensuite dans celle du galvanomètre même. Les deux bobines étaient parfaitement égales. La diminution de la déviation produite par le fil de platine est très-frappante. Dans les expériences du § 35 on avait introduit un fil de platine semblable dans les deux branches ; il agissait donc aussi bien sur le courant principal excitant que sur l'extra-courant excité ; ici, au contraire, le fil de platine diminue seulement la conductibilité du circuit que

parcourt l'extra-courant. Cependant dans ces de
expériences, la diminution de la déviation prodı
l'intercalation a été tout aussi grande que dans le:
riences précédentes. Il suit de là que l'extra-cour
cité dans une branche ralentit le courant princip
la même branche, ce que j'avais déjà montré aup
dans mes recherches sur l'effet calorifique du
(*Comptes rendus de l'Académie de Berlin*, 1859,

37. Dans l'expérience que nous venons de déc
plus grande partie de l'extra-courant a été excit
bord dans une des bobines, puis dans l'autre ; on
maintenir toujours dans la même bobine en faisa
tercalation dans la grande branche. De cette ma
est possible de faire avec le même appareil l'exp
simple sur l'extra-courant, à laquelle celle avec la l
sert de corollaire.

La bobine intérieure de la double bobine co
de deux fils, l'un de 30 et l'autre de 32 pieds (34)
troduite dans le circuit de la batterie et ses extrémit
en communication avec la soupape et avec le galvar
à l'aide de fils de cuivre (ensemble $79\,{}^{1}/_{4}$ pieds
et $8\,{}^{1}/_{4}$ pieds de ${}^{10}/_{24}$ lignes d'épaisseur). Aprè
déterminé la déviation produite par le circuit tou
lique et pour les deux positions de la soupap
ajouté au bout antérieur de la bobine un fil de
($4\,{}^{3}/_{4}$ pieds de long et 0,042 lignes d'épaisseur)
a répété l'expérience. Ensuite on a mis les bo
fils qui reliaient la bobine intérieure au galvaı
en communication avec la bobine extérieure, e
déterminé ainsi la déviation produite par un
secondaire circulant dans un circuit secondaire.
le circuit est tout métallique il n'y a pas de d

Les résultats consignés ci-dessous sont les moyennes de deux observations, avec une charge d'électricité 6 dans trois bouteilles, et une pression de 1 ligne dans la soupape.

Extra-courant du circuit principal.

	Circuit métallique.	Position de la soupape de pointe.	Position de la soupape de plat.
Sans intercalation	+ 2,3	— 100,5	+ 91,5 div.
Avec le fil de platine	6	— 11,5	+ 10,5

Courant secondaire du circuit secondaire.

Sans intercalation		— 88	+ 77,5
Avec le fil de platine		— 12,5	+ 9,5

Pour expliquer les exceptions à la loi du partage du courant dans un circuit bifurqué, j'ai admis en 1844 l'existence d'un extra-courant dans les deux branches, en me fondant pour cela sur des expériences antérieures. Depuis lors je crois avoir constaté d'une manière satisfaisante l'existence de cet extra-courant par beaucoup d'expériences dont quelques-unes ont été assez laborieuses. Toutefois, la double expérience dont je viens de rendre compte n'est pas sans intérêt, parce qu'étant simple et facile à faire, elle lève tous les doutes qui auraient pu subsister encore sur l'existence de ce courant.

38. On affaiblit un courant secondaire quand on dispose un circuit fermé parallèle à la partie excitée du conducteur.

Autour d'un cylindre de bois de 6 $^1/_2$ pouces de diamètre, on a enroulé trois fils de cuivre ayant chacun de 53 pieds de longueur et $^7/_{12}$ ligne d'épaisseur, de manière à former trois spirales séparées l'une de l'autre par un intervalle d'une ligne (*Traité d'électricité*, § 865). La

première spirale a été introduite dans le circuit de la batterie, en reliant ses extrémités avec les fils aboutissants au galvanomètre et à la soupape. Les bouts de la seconde et de la troisième spirale étaient restés libres dans l'expérience dont le résultat est indiqué dans la première ligne du tableau suivant. La seconde ligne donne les déviations obtenues en reliant les bouts de la seconde spirale par un fil de cuivre de quelques pouces de longueur. Pour répéter l'expérience sur le courant secondaire séparé du courant principal, les fils conducteurs ont été fixés aux extrémités de la seconde spirale, tandis que ceux de la troisième spirale restaient libres d'abord, et étaient ensuite réunis par le fil de cuivre court. La quantité d'électricité dans trois bouteilles = 6 ; la pression dans la soupape est de 1 ligne. La position de la soupape se rapporte dans les deux cas au courant secondaire qui suit la même direction que le courant principal.

Extra-courant du circuit principal.

Fil accessoire.	Circuit métallique.	Position de la soupape de pointe.	de plat.
Libre	+ 3,3	— 118	+ 128
Fermé	+ 3,4	— 29	+ 21

Courant secondaire du circuit secondaire.

Libre		— 108	+ 110
Fermé		— 2	+ 3

Le fil accessoire fermé diminue considérablement les déviations dues soit à l'extra-courant, soit au courant induit du circuit secondaire. Il n'y a rien de surprenant à ce que la diminution dans le second cas soit beaucoup plus

forte que dans le premier : dans tous les deux le fil accessoire était placé à la même distance du fil excité ; mais dans le premier cas l'excitation s'effectuait dans le fil du circuit principal même, tandis que dans le second elle s'effectuait dans un fil éloigné de ce circuit.

39. Un courant secondaire excité dans une spirale cylindrique est affaibli, et la déviation qu'il produit diminue, quand on introduit un tube métallique dans le centre de la spirale. Cette diminution devait se produire dans toutes les expériences sur l'extra-courant dans le circuit principal, car l'enveloppe de cuivre qui renferme le miroir magnétique, pénètre dans la bobine du galvanomètre, et l'affaiblissement devait être le plus grand lorsque le courant secondaire était excité entièrement (22) dans la bobine, ou pour la plus grande partie (36). L'enveloppe de cuivre a un diamètre de 22 lignes sur 13 lignes de longueur ; elle pénètre de $4\,{}^1/_2$ lignes dans la bobine, dont l'axe a 17 lignes. L'intervalle entre l'enveloppe et la couche inférieure du fil ne peut pas être déterminé exactement, mais il est à peu près de $2\,{}^1/_2$ lignes. J'ai refait l'expérience qui a été décrite dans les §§ 22 et 36, qui consistait à introduire dans le circuit une bobine semblable à celle du galvanomètre, dans laquelle on excitait la plus grande partie du courant secondaire. Un cylindre de cuivre massif, offrant les mêmes dimensions que l'enveloppe de cuivre du galvanomètre, était placé dans la bobine du circuit de manière à occuper $4\,{}^1/_4$ lignes de l'axe de la bobine. La déviation magnétique due au courant secondaire dirigé dans le même sens que le courant principal, était alors affaiblie dans le rapport de 100 à 89, et celle du courant inverse dans le rapport de 100 à 88.

40. La *forme* du circuit exerce une influence prépondérante sur l'extra-courant. Le courant acquiert la plus grande intensité quand on emploie la forme N, l'intensité est moindre avec la forme rectiligne, et la plus petite avec la forme U du circuit. La déviation magnétique le prouve très-nettement.

Un fil de cuivre de 53 pieds de long et $^5/_8$ ligne d'épaisseur, supporté par des cordonnets de soie, a été introduit dans le court circuit de la batterie, en reliant ses extrémités, comme il a été dit, avec le galvanomètre et avec la soupape. Ce fil a été ensuite remplacé par un autre fil semblable, mais enroulé en spirale plate ; puis par un troisième fil pareil, mais courbé de manière à former 25 U dans la même position (33). La quantité d'électricité dans trois bouteilles était = 6 ; la pression dans la soupape 1 ligne (la position de cette dernière se rapporte au courant principal). Voici les déviations moyennes de deux expériences :

Extra-courant dans le circuit principal.

Forme du circuit.	Circuit métallique.	Position de la soupape	
		de pointe.	de plat.
Rectiligne	+ 3,0	— 66	+ 63
Spirale plate	+ 3,0	— 166	+ 111
25 U	+ 3,2	— 10,0	+ 11,3

Les déviations si différentes que l'on a obtenues pour la même position de la soupape, sont dues à l'extra-courant engendré dans les deux branches du fil principal, et qui provient d'une quantité différente d'électricité selon la forme donnée à l'une des branches, l'autre restant sans changement. Les déviations sont les plus grandes avec la forme N et les plus petites avec la forme U. Ces der-

nières sont plus incertaines que les premières, mais elles sont toujours remarquablement petites. L'extra-courant dans le fil en U ne pouvait être que très-faible, car en excitant un courant induit dans un fil secondaire en U de 53 pieds de longueur, placé à 1 ligne de distance, je n'ai point observé de déviation avec la position de plat de la soupape (eu égard au courant principal), et avec la position de pointe la déviation n'atteignait pas une division entière. Mais on pouvait s'attendre à une déviation par le courant induit excité dans la bobine du galvanomètre plus considérable que celle qui a été observée, malgré le long circuit qu'il avait à parcourir. Quant au partage du courant principal entre les deux branches, le changement de forme d'une des deux branches n'exerce aucune influence, ainsi que le montrent les déviations produites avec le circuit tout métallique.

Déviation par des courants d'un ordre supérieur.

41. Les courants d'un ordre supérieur au deuxième, sont engendrés par des courants d'induction, de telle façon que ce n'est pas seulement le courant excité, mais aussi le courant excitant qui est composé d'un nombre pair de courants électriques dirigés alternativement en sens opposé. Une soupape électrique normale ne laisse passer que les courants qui suivent l'une des deux direction, déterminée par la position de la soupape. J'appelle soupape normale une soupape dont l'air est suffisamment raréfié, ce qui peut encore souvent avoir lieu sous la pression de quelques pouces, et toujours à la pression de deux lignes de mercure. Si l'on modifie la disposition normale de la soupape, en introduisant

plus ou moins d'air, on a un moyen de distinguer un courant dérivé d'un ordre quelconque de celui qui le précède ou qui le suit. Avec une augmentation d'air dans la soupape, les déviations du galvanomètre diminuent dans les deux sens ; mais lentement d'un côté, et rapidement du côté opposé jusqu'à revenir finalement dans le premier sens. A partir d'une certaine pression de l'air, la position de la soupape perd de son importance pour tous les courants induits, et son effet se borne à faire produire au courant une déviation magnétique dans un sens déterminé, qu'on pourrait appeler la *déviation prépondérante* du courant. J'ai déjà fait observer (17) que cette déviation prépondérante peut être déterminée plus sûrement par la diminution de la déviation résultant d'une augmentation de pression dans la soupape, que par la direction sous une pression élevée. La déviation prépondérante de courants dérivés d'ordre pair correspond à un courant du même sens que le courant principal, et celle de courants dérivés d'ordre impair correspond à un courant dans le sens opposé (17); on peut donc ainsi distinguer, par exemple, le courant tertiaire du courant secondaire et quaternaire. J'ai voulu m'assurer si cette différence disparaissait lorsqu'en excitant le courant tertiaire on faisait passer le courant secondaire par une soupape normale.

42. Le courant secondaire a été excité à l'aide de la spirale plate courte ; la spirale accessoire a été réunie par les bouts opposés à une longue spirale plate, et l'on a intercalé dans le circuit une soupape normale, disposée de manière à pouvoir donner au courant secondaire une direction égale ou opposée à celle du courant principal. Dans le circuit de la spirale tertiaire se trouvaient la

bobine du galvanomètre et une soupape dans laquelle on pouvait changer la pression de l'air. La position de cette soupape se rapporte au courant tertiaire dirigé dans le même sens que le courant principal et, par conséquent (13) à l'extrémité extérieure de la dernière spirale. Quantité d'électricité dans trois bouteilles = 10.

	Le courant secondaire suivant : le même sens que le courant principal.		Le courant secondaire suivant : le sens opposé au courant principal.	
Pression dans	Posit. de la soupape		Position de la soupape	
la soupape	de pointe	de plat	de pointe	de plat
1 $^3/_4$ lignes	−42	+55	−49,5	+30
1 pouce	−34	+10	−11	+30
2 »	−33	− 9	+ 6,5	+31
4 »	−33	−18	+10	+29
8 «	−30	−23	+12	−22

La première série d'expériences montre que la déviation change très-lentement par une augmentation de pression de l'air avec la position de pointe et très-rapidement avec la position de plat ; le courant secondaire qui suit la direction du courant principal, produit un courant tertiaire dont la déviation prépondérante, contre toute attente, est opposée au courant principal. La seconde série s'accorde parfaitement avec ce résultat, car le courant secondaire est en sens inverse et la déviation prépondérante du courant tertiaire est, comme plus haut, dans le sens opposé au courant qui lui donne naissance. La différence entre le courant secondaire et le courant tertiaire reste donc constante, quand même ce dernier serait produit par un courant secondaire dans une direction unique.

Le courant de quatrième ordre a été produit à peu près comme il a été dit dans le § 15, mais l'on a intercalé dans le circuit tertiaire une soupape normale, disposée de manière à ce que le courant tertiaire fût dans le même sens que le courant principal. Quand on examinait le courant de cinquième ordre, on plaçait dans la même position une soupape dans le courant de quatrième ordre, comme dans le § 16. Dans le tableau qui suit on peut comparer les déviations obtenues avec une pression de plus en plus élevée dans la soupape, par trois courants d'ordre supérieur, dont chacun est engendré directement par un courant dirigé dans le même sens que le courant principal. Pour les deux premiers courants trois bouteilles avaient une charge = 10, pour le troisième = 15.

	Courᵗ de 3ᵉ ordre.		Courᵗ de 4ᵉ ordre.		Courᵗ de 5ᵉ ordre.	
Pression de la soupape	Position de pointe	Position de plat	Position de pointe	Position de plat	Position de pointe	Position de plat
1 $^3/_4$ lignes	—42	+55	—24	+30	—24	+35
1 pouce	—34	+10	—22	+ 3	—28	+ 7
2 »	—33	— 9	—20	0	—25	— 2
4 »	—33	—18	—19	— 4	—26	—11
8 »	—39	—23	—11	— 5	—27	—19

Ces différents courants se comportent tous de la même manière ; à mesure que la pression de l'air augmente dans la soupape, le changement des déviations magnétiques est lent avec la position de pointe de la soupape et rapide avec la position de plat. Je n'attache pas d'importance à ce que le sens de la déviation change avec la position de plat et la faible pression d'un peu plus d'un pouce de mercure, car cela n'a pas eu lieu plus tard dans mes recherches sur le courant de sixième ordre, dans lesquelles on n'a pas employé les spirales de 13 pieds de

long, bien que la diminution des déviations se montrât dans le même sens qu'ici. Ces expériences prouvent que *quand un courant d'un ordre supérieur est excité par un courant ayant une direction unique, la direction de la déviation prépondérante qu'il produit est opposé à celle du courant excitant.*

44. L'excitation artificielle de courants d'ordre supérieur, que nous avons décrite, supprime la différence qui existe entre des courants d'ordre pair et d'ordre impair, ce qui est peu surprenant, puisque par cela même tous les courants d'ordre supérieur acquièrent le caractère d'ordre impair. Ils se comportent tous comme le courant tertiaire engendré par une excitation non dérangée (14). Comme lors de l'excitation artificielle, la soupape communique une direction déterminée au courant excitant, et le rend ainsi semblable au courant primaire, on pouvait s'attendre à voir reparaître les caractères du courant secondaire. La déviation prépondérante du courant secondaire s'effectue dans la direction du courant excitant (courant principal), soit que le courant principal ait traversé une soupape, soit qu'il n'y ait pas passé. Il résulte de tout cela que la déviation prépondérante du courant secondaire correspond à la direction du courant qui l'excite, tandis qu'elle est opposée à cette direction pour tous les courants d'un ordre supérieur. Pour ces derniers on peut à volonté déterminer la direction du courant excitant au moyen de la position de la soupape. Quand cela n'a pas lieu, chaque courant agit comme excitant dans la direction de la déviation prépondérante, ce qui donne lieu au changement des caractères des courants qui se succèdent.

On peut provisoirement admettre que la cause médiate

de cette différence remarquable réside dans cette circonstance que, dans le cas du courant secondaire, le courant excitant ne revient pas sur lui-même, comme cela a lieu pour tous les autres courants dérivés ; cette supposition toutefois mérite d'être justifiée par l'expérience.

Je m'arrête ici, puisque le but de ces recherches était simplement d'indiquer les faits qui permettent de reconnaître les courants dérivés de la batterie de Leyde et que l'on peut reproduire sans grande perte de temps dans tout cabinet de physique bien monté.

SUR LA
STRUCTURE EN ÉVENTAIL DU MONT-BLANC

PAR

M. ALPH. FAVRE.

(Extrait d'un travail présenté à la Société helvétique des sciences naturelles réunie à Genève en août 1865.)

La structure en éventail est un arrangement particulier de la stratification qui se retrouve dans la plupart des massifs alpins formés de roches cristallines. Dans ces grandes masses, les couches placées sur le flanc de la montagne plongent contre son intérieur de manière à ce qu'elles paraissent s'enfoncer sous elle ; c'est là le caractère principal de cette structure. Quant aux roches qui occupent le centre de la partie culminante du massif, on a souvent discuté sur leur stratification, qui est en générale assez confuse ; mais au Mont-Blanc les roches présentent une série de joints qui deviennent de plus en plus verticaux à mesure qu'ils se rapprochent du centre de la chaîne. Cette observation se fait lorsqu'on va du col du Géant au col placé entre le Mont-Blanc de Tacul et l'Aiguille du Midi.

Déjà un grand nombre de géologues se sont occupés de ce sujet, de Saussure, Dolomieu, Bergmann, Bertrand, Gimbernat, Marzari-Pencati, Escher, de Buch, Studer,

Necker, Forbes, Elie de Beaumont, Rogers, Sismonda, Lory, etc. Ramont avait reconnu cette même structure dans les Pyrénées et M. de Hauer l'a décrite dans les Alpes du Tyrol.

Tous ces savants ont contribué à établir le grand fait de cette structure avec quelques variations de détails. Ils ont différé surtout dans la manière de l'expliquer. Moi-même j'en ai dit quelques mots. — Toutes les explications me paraissent inadmissibles, sauf celle proposée par M. Lory. Ce savant représente la structure en éventail comme étant le reste d'une grande voûte, formée par les roches de protogine sous l'influence d'un refoulement latéral. — Mais pour adhérer à cette hypothèse, il faut admettre la stratification de la protogine. Pour ma part, j'adopte d'autant plus volontiers cette manière de voir, sur laquelle il y a eu tant d'opposition, que les plus habiles observateurs, tels que de Saussure et Dolomieu, ont soutenu cette thèse.

Il est encore une considération importante qui doit faire admettre cette opinion. Elle est déduite de l'examen de certaines montagnes de sédiments composés de terrains jurassiques et crétacés qui présentent la structure en éventail. Cet arrangement des couches se voit au passage de la Faucille dans le Jura près de Gex, dans la montagne de Cluses (vallée de l'Arve), etc. Par conséquent, cette structure n'est point l'apanage des montagnes formées de roches cristallines, mais on peut affirmer qu'elle se rencontre dans les montagnes stratifiées.

L'examen de l'inclinaison des flancs du Mont-Blanc nous démontre que les roches de protogine sont sorties de terre douées d'une très-grande solidité. Cette inclinaison prise sur les deux versants de la montagne à Chamounix,

d'un côté, et à l'Allée-Blanche, de l'autre, est de 30 à 33°. Il est évident que si la protogine qui forme cette énorme montagne était arrivée à la surface de la terre dans un état de ramollissement plus ou moins grand, elle aurait coulé et la montagne se serait affaissée. Il faut donc que pendant l'exhaussement du sol, la rigidité de la roche ait été presque complète, c'est-à-dire semblable à celle des couches calcaires au moment où ces dernières ont pris les formes que nous leur voyons. Cette solidité de la protogine s'accorde fort bien avec l'idée de la stratification, tandis qu'elle est en opposition avec celle de l'origine ignée de cette même roche.

La protogine doit, par conséquent, être regardée comme une roche stratifiée, ce qui signifie qu'elle a été formée en couches dans les eaux de la mer.

Il faut évidemment écarter l'idée d'un dépôt de sédiment ordinaire, modifié postérieurement par la force inconnue nommée métamorphisme, parce qu'il est fort probable que cette action agissant sur un dépôt sédimentaire ne pourraitt en modifier la nature pour le changer en protogine, sans effacer la stratification. Or la division en couches existe encore maintenant.

Je serai donc porté à croire que les sédiments se sont formés à l'état de protogine dans des eaux qui présentaient des conditions très-différentes des eaux des mers actuelles. Elles devaient être dans un état quelque peu semblable à l'eau renfermée dans les tubes de verre, chauffée et comprimée, avec laquelle on a obtenu dans ces dernières années un si grand nombre de minéraux artificiels. Il y a longtemps qu'on a parlé de mers dont l'eau était à une température rouge, et cette hypothèse, à mesure qu'on avance, semble prendre plus de consis-

tance. Ce serait ici le lieu d'invoquer les recherches relatives à la formation de certains minéraux, mais je me bornerai à rappeler les réflexions de M. Rose au sujet du quartz. Il a montré que ce minéral s'est formé par voie humide, et d'autres savants ont fait des observations qui ne laissent aucun doute sur ce mode de formation. Par conséquent, il est démontré maintenant que l'un des éléments les plus répandus des roches granitiques et de la protogine, le quartz, n'a pu être formé que sous l'influence de l'eau. C'est un point très-important.

On arrive à une conclusion exactement semblable pour le feldspath, si l'on considère quelques-uns de ses gisements. Il est évident que les cristaux parfaits de cette substance disséminés en grande abondance dans les calcaires plus ou moins magnésiens des Alpes, n'ont pu être formés par voie sèche.

Quant au talc, il entre comme partie constituante dans la protogine et dans le cortége des roches qui l'accompagnent. Ne peut-on pas soutenir maintenant que les matières talqueuses qui font partie de ces masses minérales ont une origine aqueuse, ou du moins qu'elles ont dû leur origine à des réactions dans lesquelles l'eau n'a pas été étrangère? Les observations faites récemment sur l'*Eozoon canadense*, renferment une grande instruction. On y voit que des silicates de magnésie, tels que la serpentine, le pyroxène blanc, etc., sont venus mouler de la manière la plus délicate les formes de ce foraminifère. Il est encore évident que ce n'est point par fusion ignée que ce fait s'est accompli, mais qu'il n'a pu avoir lieu que sous l'influence de l'eau ; par conséquent cette serpentine a été formée par une voie humide. Pourquoi le talc, qui est aussi un silicate de magnésie n'aurait-il pas cette même origine?

Le mica lui-même est quelquefois placé dans certains gisements alpins de manière à faire penser qu'il ne peut s'être formé sous l'influence d'une haute température ; les belles empreintes des végétaux fossiles du terrain houiller de Petit-Cœur, en Tarentaise, en sont un exemple frappant. Les moindres détails de ces empreintes sont rehaussés par une fine pellicule formée d'une matière d'un blanc éclatant, qui, à ce qu'il semble, peut difficilement avoir pris cette disposition sous l'influence d'une température élevée et sèche. Or, d'après une analyse que M. le prof. Marignac a bien voulu faire, cette matière blanche est du mica. Il paraît donc assez probable que les matières talqueuses et micacées qui entrent dans la composition des roches de protogine ont une origine aqueuse, et l'idée de l'origine aqueuse des roches granitiques, qui paraissait si extraordinaire il y a quelques années, semble faire tous les jours de nouveaux progrès.

Mais, demandera-t-on, d'où provenaient les éléments de ces dépôts de protogine? La question est embarrassante, parce que jusqu'à présent on avait pensé que les roches granitiques et de protogine étaient les plus anciennes, non pas pour le moment de leur apparition à la surface du globe, mais pour celui de leur formation. Cependant une observation sur laquelle Dolomieu a insisté avec une grande force et qui a toujours été quelque peu embarrassante dans la science, montre que les laves ont fait éruption, en Auvergne, au travers du granite, par conséquent la lave vient d'une couche de l'intérieur de la terre plus profonde que le granite. La lave existait donc sur la terre avant la formation de cette dernière roche qui a été produite sous l'influence de l'eau, tandis

que la lave (ce mot étant pris dans un sens général) est une vraie roche ignée. Le granite et la protogine sont donc des roches formées aux dépens de la lave dans des circonstances particulières.

Il y a, je le sais, quelques différences de composition entre les roches granitiques et les laves ; cependant beaucoup des premières ont une composition qui ne s'éloigne pas de celle des secondes ; d'ailleurs les eaux, en dissolvant une partie des éléments de la lave, ont pu en modifier la composition et déterminer des combinaisons nouvelles.

Après leur formation les roches cristallines ont été amenées à une certaine hauteur par des refoulements latéraux et ont formé des rides à la surface du globe de la même manière que les roches de sédiments.

Dans certaines circonstances exceptionnelles, peut-être, par la grandeur du refoulement, la structure en éventail a été formée aussi bien dans les dépôts de sédiments que dans les roches granitiques.

Telle est en quelques mots une théorie qui devrait être plus longuement développée. Elle amènera à comprendre qu'il n'y a sur la terre qu'une seule roche ignée, la lave. Cette théorie paraît conforme sur un grand nombre de points avec les exigences de la science. Elle est, en particulier, d'accord avec le grand fait qui résulte de la position des laves en-dessous des roches granitiques. Il me semble donc naturel de regarder la lave comme étant la roche primitive par excellence et d'admettre qu'elle a joué le principal rôle dans la formation de la terre.

SUR LA

DISTANCE EXPLOSIVE DU COURANT INDUIT DIRECT

ENTRE DES ÉLECTRODES IDENTIQUES

PAR

M. ÉLIE WARTMANN.

(Mémoire communiqué à la Société de physique et d'histoire naturelle de Genève, dans sa séance du 5 octobre 1865.)

La distance explosive la plus considérable qu'on puisse réaliser avec une machine électrique donnée a lieu quand la plus grande quantité possible d'électricité s'est accumulée sur le point du conducteur d'où part l'étincelle, et quand l'accumulation s'est effectuée avec assez de lenteur pour qu'aucune portion du fluide ne se soit écoulée avant la décharge. Comme l'épaisseur de la couche électrique est modifiée par les dimensions et par la forme du corps qu'on approche, il est évident que le maximum de distance explosive correspond à un excitateur donné. Ainsi, Pfaff se servait d'une boule de huit pouces de diamètre pour tirer des étincelles de dix-huit pouces d'une machine dont le conducteur était terminé par une boule de quatre pouces[1]. Faraday a trouvé qu'entre deux boules inégales, l'étincelle jaillit le plus loin lorsque la petite boule est à la fois positive et induite[2]. M. Riess a

[1] Gehler's, *Neues Wœrterbuch*, t. III, p. 464.

[2] *Experimental researches*, série XIII, §§ 1485 à 1489 ; *Philos. Trans.* pour 1838, page 126.

montré que ces résultats ne sont pas de nature générale et dépendent de la construction de la machine employée [1].

Dans l'appareil de Ruhmkorff, quand on éloigne suffisamment les terminaisons du circuit induit pour que la couche d'air interposée ne laisse passer que le courant direct, engendré par l'ouverture de la pile, on constate des faits analogues à ceux que je viens de rappeler. On sait, par exemple, que la distance explosive entre une pointe et une plaque est plus grande quand la pointe est positive que dans le cas contraire. Mais qu'arrive-t-il si les électrodes sont de même nature et de dimensions toutes pareilles? Le sens de la décharge a-t-il encore de l'influence? Je ne crois pas que cette question ait été examinée jusqu'ici.

Pour y répondre, j'ai employé une bobine de 0m352 de longueur et de 0m165 de diamètre. La puissance des effets qu'elle peut produire démontre le parfait isolement des couches du fil induit, dont le développement mesure environ 9,000 mètres. C'est une machine cloisonnée, pourvue d'un interrupteur de Foucault à platine amalgamé et qui a fonctionné avec une pile formée de 2 à 10 éléments de Bunsen, grand modèle.

Les couples d'électrodes de même nature, entre lesquelles l'étincelle devait éclater, ont été vissées aux branches d'un excitateur universel de Henley. On a pris tous les soins possibles pour que leurs formes et leurs dimensions fussent exactement pareilles. Ces électrodes ont été successivement:

1° Deux cônes droits et effilés, de laiton, dont le

[1] *Die Lehre von der Reibungselektricitæt*, t. I, p. 276, et t. II, p. 129.

côté a $0^{m}01$ de longueur et la base $0^{m}008$ de diamètre;

2° Deux cônes de laiton tronqués au sommet, dont la grande base mesure $19^{mm}18$ de diamètre et la petite $2^{mm}82$; l'apothème, qui a $16^{mm}35$ de longueur, s'arrête à une embase cylindrique de $5^{mm}08$ de hauteur ;

3° Deux sphères de laiton de 14^{mm} de diamètre;

4° Deux sphères d'or de $18^{mm}5$ de diamètre;

5° Enfin deux sphères de laiton de 15^{mm} de diamètre, fixées aux branches d'un second excitateur universel qui a été quelquefois intercalé dans le circuit.

Quand l'appareil de Ruhmkorff est en jeu et qu'on éloigne lentement l'une des électrodes de l'autre, on arrive à une distance que l'étincelle cesse de franchir. Si, alors, on renverse le courant à l'aide du commutateur, ou bien l'étincelle jaillit de nouveau, ou bien il faut diminuer l'intervalle pour qu'elle se manifeste. Quelquefois la différence n'est pas très-marquée dès le début et ne se révèle qu'après une certaine durée du flux électrique. Une fois produite, elle demeure sensiblement constante aussi longtemps que le courant de la pile conserve son intensité.

On peut aussi régler l'appareil en se servant du second excitateur. On éloigne les électrodes qui terminent le premier à une distance un peu trop faible, et on compense la différence en écartant les branches de l'autre excitateur. Quand l'intervalle des électrodes est trop grand pour que l'étincelle le traverse, elle éclate ou cesse entre les sphères de l'excitateur secondaire suivant le sens du courant.

Des divers conducteurs terminaux, ce sont les petits cônes pointus qui paraissent les moins favorables à l'expérience. La diversité occasionnée par le sens du courant

induit peut se borner à une variation dans l'abondance des étincelles. J'ai, néanmoins, réussi à déterminer leur cessation à des distances comprises entre 0m034 et 0m052.

L'épreuve est plus facile avec les cônes tronqués et avec les sphères. Quand les électrodes sont de laiton bien poli, le passage des étincelles à haute tension ne tarde pas à les ternir par la formation de taches noires d'oxyde. La différence qui peut en résulter dans leur conductibilité n'est point la cause du phénomène, car celui-ci persiste après qu'on a décapé les électrodes sans modifier leur écartement. Au surplus, en recourant aux sphères d'or dont la surface n'est pas sensiblement altérée par les décharges, l'influence du sens du courant sur la distance explosive se montre d'une manière très-nette.

Cette influence ne dépend pas d'avantage d'une différence dans la forme des électrodes qui terminent le fil induit. On s'en convainc en plaçant dans le circuit un commutateur qui intervertit ou rétablit la liaison de chaque extrémité du fil induit avec une électrode donnée. La similitude de ces électrodes est telle qu'il n'en résulte aucun effet. Plus simplement, on peut échanger d'une manière directe les électrodes terminales en ne faisant pas varier leur distance. La réussite de cette expérience exige l'emploi de conducteurs égaux et bien isolés pour relier les extrémités du fil induit avec les branches de l'excitateur. Le circuit extérieur doit ne présenter aucune aspérité par laquelle une portion de la charge pourrait se dissiper dans l'air, avant de franchir l'intervalle des électrodes.

Ainsi, dans l'air, entre des électrodes parfaitement

semblables, maintenues à une distance constante, l'étincelle jaillit abondamment ou cesse de passer, suivant que l'une d'elles est ou n'est pas positive. *L'étincelle éclate quand cette électrode est liée à l'extrémité extérieure positive du circuit induit*[1]. J'ai vérifié le fait sur une bobine du plus gros calibre, pourvue d'un interrupteur indépendant de M. Foucault. Si on change d'une manière très-subite la direction du courant voltaïque, une étincelle maigre et qui s'accompagne d'un bruit particulier passe encore, mais n'est ordinairement suivie d'aucune autre. En même temps l'interrupteur change d'allure et fait entendre un son caractéristique de la rupture du courant induit.

Cette interruption n'est pas détruite quand on souffle de l'air chaud et humide dans l'intervalle à franchir. Si on approche de l'électrode négative un conducteur médiocre, tel qu'une baguette de bois, on modifie la distribution électrique et l'étincelle brille[2]. Mais cette modification ne dure que tant que le conducteur est présent.

On a remarqué depuis longtemps que, dans les machines non cloisonnées, l'électricité ne s'accumule pas d'une manière identique aux deux extrémités du fil induit. Le fil inducteur et le noyau de fer central condensent le fluide sur l'extrémité intérieure, qui ne lance pas d'étincelle sur un conducteur voisin non isolé, comme

[1] Par extrémité *extérieure* dans une machine cloisonnée, j'entends celle qui se comporte comme la terminaison extérieure du circuit induit d'une bobine non cloisonnée, quand on échange l'étincelle entre une pointe et une plaque.

[2] Cette propriété a déjà été étudiée par M. Riess. Voyez *Pog. Ann.*, t. XCIX, p. 637 ; 1856.

cela a lieu avec l'extrémité extérieure. Mais ce p
est indépendant du fait que cette extrémité est
ou négative, et il est considérablement atténué d
machines cloisonnées par leur construction mêm
raît néanmoins que la tension demeure légèrem
pondérante au bouton extérieur. Quand il est
comme le bouton négatif devient le siége d'une él
de température, cette double circonstance déter
décharge, suivant un mécanisme analogue à c
perce-carte de Lullin, mécanisme dont M. Riess
l'explication[1]. Une première décharge partielle
mouvement l'air interposé et rend négative par
ment la vapeur d'eau qu'il contient. La voie e
ouverte au flux électrique, dont l'accès au bouto
tif est facilité par la dilatation de la couche d'
biante.

Ainsi, la machine de Ruhmkorff diffère de la
électrique chez laquelle la distance explosive ne
avec la circonstance qu'une des armures est posi
négative, ni avec la nature de l'arc conjonctif[2].

En employant comme excitateur deux fils d
grosseur et de même forme, M. du Moncel avait
qué une prépondérance du rhéophore positif du
induit, par l'interposition sur ce rhéophore d'u
forte résistance, comme celle du circuit secondai
machine de Ruhmkorff[3]. Les expériences varié
j'ai donné le résumé dans ce mémoire prouvent

[1] *Op. cit.*, t. II, p. 213.
[2] Riess, *op. cit.*, t. II, pp. 80 et 130.
[3] *Notice sur l'appareil de Ruhmkorff*, 4e édition, p. 24
— *Recherches sur la non-homogénéité de l'étincelle d'i*
p. 89; 1860.

forme des terminaisons de l'excitateur peut être très-diverse, et que l'adjonction d'une résistance vers l'une des extrémités du fil induit n'est point nécessaire pour produire une disparité dans la manière dont la décharge traverse un intervalle constant, au sein de l'atmosphère.

DE LA GERMINATION

SOUS DES

DEGRÉS DIVERS DE TEMPÉRATURE CONSTANTE

PAR

M. ALPH. DE CANDOLLE[1].

Les motifs qui m'ont déterminé à entreprendre une série d'expériences sur la germination sous des degrés différents de température sont au nombre de deux. Je désirais d'abord continuer et compléter mes anciennes expériences sur la durée de la germination et sur la durée de la faculté germinative de graines de diverses espèces ou familles[2]. Je voulais aussi étudier d'une manière directe, et sur une fonction en particulier, l'effet du temps pour compenser une faible température et celui d'une température élevée pour diminuer la durée du temps nécessaire à une fonction. On sait combien ce problème occupe, depuis quelques années, les agriculteurs et les naturalistes; mais dans la plupart des faits connus il y a presque toujours un mélange inextricable de plu-

[1] Mémoire lu dans la séance générale de la Société helvétique des sciences naturelles, à Genève, le 21 août 1865.

[2] Tableaux de la durée de la germination de 863 espèces observées dans le jardin botanique de Genève, par Alph. de Candolle (dans Physiologie végét. d'Aug.-Pyr. de Candolle, v. II, p. 640 et 646). — Sur la durée relative de la faculté de germer dans des graines appartenant à diverses familles, par Alph. de C. dans *Ann. Sc. nat.* sér. 3, vol. VI, p. 373.

sieurs fonctions envisagées collectivement, ou de l'influence de la lumière mêlée avec l'influence de la chaleur, ou encore de températures qui varient continuellement. C'est à éliminer toutes ces complications que j'ai visé, et si j'ai été devancé par un judicieux observateur, M. Fr. Burckhardt [1], dans un genre d'expérimentations que la lecture de ma *Géographie botanique* paraît lui avoir suggéré, on verra que mes expériences appuient les siennes, qu'elles portent sur un plus grand nombre d'espèces, soumises à des conditions plus normales, et qu'elles conduisent par conséquent à des conclusions plus étendues et plus certaines.

Je donnerai d'abord les expériences ; ensuite les résultats.

§ 1. DÉTAIL DES EXPÉRIENCES.

Mon premier soin a été de me procurer des graines d'une dizaine d'espèces, en bon état, appartenant à plusieurs familles différentes de plantes. Il les fallait de grosseur au-dessous de la moyenne ou moyenne, les unes propres à germer sous de faibles températures, les autres exigeant de la chaleur, autant du moins que les procédés ordinaires de culture pouvaient le faire supposer. J'ai choisi trois crucifères (*Lepidium sativum, Sinapis alba* et *Iberis amara*); une polémoniacée (*Collomia coccinea*); une linée (*Linum usitatissimum*); une cucurbitacée (*Melon Cantaloup*); une renonculacée (*Nigella sativa*); une sésamée (*Sesamum orientale*); une légumineuse (*Trifolium repens*) et une graminée (*Zea Maïs, var. précoce*). Malgré l'importance de ces deux dernières familles, j'ai préféré n'avoir qu'une espèce de chacune. Les légumineuses sont con-

[1] *Ueber die Bestimmung des Vegetationsnullpunktes*, sur la détermination du zero de végétation. (*Verhandl. d. Naturforsch. Gesellsch.* Basel, 1858, v. II, 1, p. 47-62.)

nues pour leur germination irrégulière. Il n'est
de voir, d'un même semis de lupin ou de *Vicia*, l
graines de semaine en semaine, de mois en mois
qu'à l'année suivante, sans qu'on puisse s'er
raison [1]. Les graminées germent un peu lente
elles ont une enveloppe (péricarpe) adhérente a
nes, ce qui complique peut-être les phénomènes p
giques.

Après m'être assuré que toutes mes graines p
germer, elles ont été déposées dans un endroit se
température peu variable. C'est de là que, pour
expérience, je les ai sorties par petits paquets.

Chaque semis a été fait sur du sable, dans un
terre, une boîte en bois ou un bocal de verre, selo
constances. Les graines étaient déposées sur le sa
je laissais le semis, préparé de cette manière, pe
heures au moins, dans le milieu dont il devait pr
moyenne de température ; puis j'arrosais avec d
la température voulue pour l'expérience. Le
arrosement était toujours copieux, afin que les
fussent vite pénétrées de l'humidité, condition
saire pour que la température et l'oxygène de l'
sent amener la germination. Les graines étaient
vertes d'une légère couche de sable, mais l'arr
les mettait presque toujours à nu. En fait, je
remarqué de différence, quant à l'époque de la
nation, entre les graines de la surface et celles

[1] J'avais signalé jadis à M. Vilmorin père le *Vicia na*
comme une plante qui serait un excellent fourrage si l'
nait à la bien cultiver. Cet habile horticulteur se dor
coup de peine, et, après avoir constaté le mérite rée
pèce, il dut y renoncer, parce qu'il n'était pas parven
lever en même temps les graines récoltées et semées ens

taient sous une petite couche de sable, preuve de l'uniformité de température conservée dans ces deux positions, grâce aux dispositions générales des expériences.

Le moment de chaque germination est d'une fixation assez délicate et jusqu'à un certain point arbitraire. L'embryon change dans la graine avant de se montrer au dehors, la radicule s'allonge plus ou moins vite, et, selon l'espèce, la jeune plante se montre diversement. J'ai considéré comme le moment de la germination celui où le spermoderne étant brisé, la radicule commence à sortir [1].

Plusieurs thermomètres étaient à ma disposition; la plupart gradués sur le tube lui-même. Quoique ces thermomètres aient été construits avec soin, j'ai vérifié pour chacun la correction qu'il fallait faire au zéro, et pour les degrés supérieurs j'ai comparé de 10 en 10 degrés avec un thermomètre modèle, très-exact, appartenant à la Société genevoise pour la construction des instruments de physique. Ce thermomètre avait été vérifié par M. Louis Soret, au moyen du procédé de faire passer une goutte de mercure de place en place dans la colonne intérieure. La principale cause d'erreur est venue de la difficulté de déterminer les fractions de degrés sur des thermomètres en verre assez épais, placés dans des positions très-variées, où l'œil n'est pas toujours bien perpendiculaire

[1] M. Burckhardt, dans les expériences auxquelles j'ai fait allusion et que je ne connaissais pas alors, a appelé germination le moment où les cotylédons s'étalent. C'est plutôt une époque de végétation. Elle peut être bonne à considérer quand on compare la même espèce sous différentes conditions, mais elle diffère beaucoup d'une espèce à l'autre, certaines plantules demeurant longtemps recourbées sous terre ou avec leurs cotylédons emprisonnés dans les restes du spermoderme.

au tube. J'espère être parvenu cependant à donner des chiffres exacts à $^{1}/_{10}$ de degré près [1].

Le but de mes expériences étant d'observer la germination sous des températures diverses, mais constantes, j'avais fait construire, sous la direction de M. le prof. Thury, un appareil qui m'a satisfait en ce qui concerne les températures voisines de 0°, mais qui ne s'est pas trouvé suffisant pour les autres circonstances. Cet appareil consiste en un réservoir cubique, en zinc, de 44 centimètres dans chaque dimension, entouré de sciure de bois et contenu dans une grande caisse en bois. Le réservoir pouvait être rempli de glace ou d'eau à une température déterminée, et des vases ou bocaux, contenant des graines, pouvaient être disposés soit dans le réservoir, soit dans la sciure de bois, soit même dans les cases d'une partie proéminente, en zinc, qui sortait de l'une des faces de la caisse. Cette addition latérale n'a pas été heureuse, en ce qu'elle n'offrait pas dans ses cavités des conditions fixes de température et qu'elle faisait perdre une partie des avantages, au point de vue de la chaleur, de l'isolement du réservoir. La caisse a été placée dans un caveau voûté et profond, sans aucune autre ouverture qu'une porte donnant sur une cave. La température y était naturellement très-fixe, du moins tout à fait à l'abri des variations diurnes et même hebdomadaires.

Les températures voisines de 0° se sont maintenues, avec fixité, dans le réservoir, aussi longtemps que je l'ai voulu, en renouvelant la glace de trois en trois jours; mais, pour d'autres températures, surtout de 18° ou

[1] Les degrés dont je parle sont toujours ceux du thermomètre centigrade.

davantage, l'appareil n'était plus satisfaisant. De l'eau à 50° ou 55° perdait très-vite sa chaleur, et l'appareil étant difficile à transporter, j'ai préféré ne pas m'obstiner à l'employer. J'ai mieux aimé profiter de la succession des saisons pour placer des semis tantôt dans le caveau, tantôt à l'air libre, puis dans des cabinets ou armoires où les températures variaient à peine de jour en jour, ce qui m'a permis d'observer jusque sous 24° environ; enfin pour des degrés supérieurs, j'ai eu recours à la chaleur artificielle d'un lumignon.

Température de 0°.

Un grand bocal de verre, fermé par du liége, contenait trois petits vases pour le semis des graines. Le grand bocal, chargé ainsi à l'intérieur, flottait dans le réservoir de glace fondante, sans qu'il ait jamais été ni émergé totalement ni submergé. La température de 0° s'est maintenue dans l'intérieur de l'appareil avec une fixité remarquable. Même lorsqu'on avait laissé la glace se fondre dans une proportion un peu plus forte qu'à l'ordinaire, le thermomètre plongé dans les vases de semis indiquait exactement 0°. Une autre boîte, cylindrique, en fer-blanc, qui nageait dans le même réservoir et contenait quelques semis, a conservé également la température de 0° avec une grande fixité.

L'expérience a duré du 7 mars à 4 heures jusqu'au 11 avril à la même heure, c'est-à-dire 35 jours. En voici le résultat pour 10 espèces [1] :

Les suivantes n'ont pas germé du tout : *Collomia, Lepidium, Linum, Maïs, Melon, Nigella, Sesamum, Trifolium, Celosia.*

[1] L'*Iberis* n'a pas été semé dans quelques-unes de mes expériences. En revanche il y avait ici une amarantacée (*Celosia cristata*).

Il y avait deux semis du *Trifolium*, l'un dans les vases du grand bocal, l'autre dans la boîte en fer-blanc.

La seule espèce qui ait germé est le *Sinapis*, dont j'avais fait également deux semis, dans le bocal et dans la boîte. Pour le premier, quelques graines (5 en tout sur une trentaine) ont germé du 23 au 25 mars, soit en moyenne le dix-septième jour. Dans la boîte, où le semis avait été fait seulement le 16 mars au soir, quelques graines ont germé le 27 dans la soirée, c'est-à-dire le onzième jour, et d'autres ont continué de lever successivement. Il est difficile de savoir à quoi cette différence de 11 à 17 jours a pu tenir, car la température ambiante était bien de 0° dans les deux cas. J'ai soupçonné que les graines du second semis n'avaient pas été ramenées assez près de 0° au moment où elles avaient été placées dans le sol qui avait cette température. Elles étaient aussi plus nombreuses et trop accumulées. Il se peut que la température extérieure ne les ait pas envahies assez vite à l'origine, et qu'une certaine altération chimique ayant commencé, le rapprochement des graines ait déterminé une chaleur locale de nature à altérer les conditions supposées. Par ces motifs, le résultat de la première expérience (17 jours) me paraît d'une exactitude plus probable.

Au bout de 35 jours, obligé de faire une absence, j'ai cessé de renouveler la glace dans l'appareil, mais l'expérience a été d'une durée suffisante. Ce qui le prouve, c'est qu'à mon retour, à peu près un mois plus tard, le 9 mai, j'ai trouvé les vases dans l'appareil à 7°,7, et aucune autre espèce que le *Sinapis* n'avait germé. Plusieurs auraient pu lever, sous de semblables températures, comme nous le verrons plus loin, mais dans une

expérience aussi prolongée elles avaient probablement pourri. Le *Lepidium* et le lin germent, sous des températures ordinaires, presque aussi vite que le *Sinapis*, et auraient certainement germé entre le dix-septième et le trente-cinquième jour de l'expérience si la température de 0° n'avait fait obstacle.

Il y a probablement des espèces alpines qui lèvent sous une température de 0°, surtout des espèces nivales, comme la soldanelle, par exemple. On conseille de semer les graines de rhododendrons dans de la neige fondante, et les forestiers sèment quelquefois de la même manière des graines d'arbres sur les pentes des montagnes. Sans doute les rayons du soleil peuvent dans le cours naturel des choses amener, par moments, en dépit de l'eau de neige, une température supérieure à 0°; mais on peut croire, d'après l'exemple du *Sinapis*, que certaines espèces germent toutes les fois que l'eau est en contact avec elles, même à 0°. D'un autre côté, d'après mes expériences, plusieurs ne germent pas sous une température aussi basse. Il reste encore à savoir si elles ne peuvent véritablement pas germer, ou si elles demandent un temps tellement prolongé que d'ordinaire leur tissu passe à un état de putréfaction, qui atteindrait l'embryon.

Température de 1°,4 à 2°,2.

Quatre petits vases en terre poreuse étaient enfoncés, jusqu'au bord, dans la sciure de bois qui entourait le réservoir de glace. Ils ont reçu, le 7 mars à 4 heures du soir, des graines de toutes les espèces précédentes, excepté le melon et le *Trifolium repens*. Le premier n'aurait certainement pas levé, le second ne me paraissait pas alors disposé à germer avec assez d'uniformité pour être

essayé ; j'ai reconnu depuis qu'il aurait mieux valu ne pas le dédaigner.

Le premier vase contenait des graines de *Collomia* et de *Celosia*. Sa température a varié fort peu : de 1°,6 à 2°,0 (moyenne 1°,8). Les graines n'ont pas germé. L'expérience a duré 35 jours. Plus tard, la température s'est élevée graduellement jusqu'à 8°,0. Cette température de 1°,8 à 8°,0 ayant duré 28 jours n'a pas amené de germination.

Le second vase a varié pour la température de 1°,4 à 1°,9 (moyenne 1°,65). Il renfermait des semis de *Lepidium* et de *lin*. La première de ces espèces a levé le trentième jour, assez abondamment ; la seconde, le trente-quatrième jour [1].

Le troisième vase a varié de 1°,5 à 2°,0 (moyenne 1°,75). Il contenait des graines de *maïs* et de *Nigella*. Aucune n'a germé. Après les 35 jours d'expérience, la température s'étant élevée lentement, pendant 28 jours jusqu'à 8°,0, elles n'ont pas germé davantage.

Enfin le quatrième vase, contenant des graines de *Sesamum* et de *Sinapis*, a varié de 1°,6 à 2°,2 (moyenne 1°,9). Le *Sesamum* n'a pas germé. Il n'a pas germé non plus dans les 28 jours de 1°,8 à 8°,0 qui ont suivi l'expérience. Le *Sinapis*, au contraire, a germé le seizième jour. La moyenne de ces 16 jours a bien été de 1°,9, comme pour l'ensemble de l'expérience.

Ces faits, presque tous négatifs, viennent confirmer et expliquer l'expérience sous 0°. La germination du *Sinapis* le seizième jour, sous 1°,9, montre que sa vraie

[1] En disant qu'une espèce a germé e trente-quatrième jour, j'entends qu'il a fallu 34 jours accomplis pour que la radicule se montre.

germination sous 0°,0, était bien le dix-septième jour, plutôt que le onzième.

Sous des températures de 2°,6 à 3°,2.

Les trois cavités cylindriques, latérales, les plus rapprochées du réservoir à glace renfermaient les mêmes espèces semées, dans trois vases, dès le 6 mars.

La cavité α, contenait des graines de *Collomia* et de *Lepidium*. La température a varié de 2°,8 à 3°,2 (moyenne 3°,0) pendant les 36 jours de l'expérience. Le *Collomia* n'a pas germé. Quelques graines du *Lepidium* ont germé le onzième jour[1], puis elles ont péri ; d'autres un peu plus nombreuses ont germé le seizième jour ; enfin j'en ai vu germer trois le trente-unième jour. Une moitié environ des graines a ainsi germé successivement.

La cavité β, semée de *lin* et *maïs*, a varié de 2°,8 à 3°,2 (moyenne 3°.0). Pendant les 17 premiers jours la température a été fixe à 3°,1, et le lin a germé le dix-septième et le dix-huitième jour, en assez grande quantité. Le maïs n'a pas germé du tout.

La cavité γ, renfermait les *Nigella*, *Sesamum* et *Sinapis*. La température a varié ordinairement entre 2°,6 et 3°,2 ; mais il y a eu, le sixième jour de l'expérience, une cause de réchauffement accidentel, qui a porté la température à 5°,0. Les *Nigella* et *Sesamum* n'ont pas germé. Trois graines de *Sinapis* ont germé le 9e jour, ou plutôt le $8\frac{1}{2}$ jour ; le 17e jour il a en germé une de plus ; les autres n'ont rien indiqué. Voyant l'inutilité de l'expérience, j'ai semé de nouveau le *Sinapis*, le 18 mars à 2 heures, dans un vase additionnel, placé dans la

[1] J'entends à la fin du onzième jour. De même dans tout ce qui suit.

cavité γ. Une graine a germé le sixième jour, une autre le treizième jour, et plus tard deux encore, ce qui prouve peu de chose, car le semis avait été de 60 ou 80 graines. Après l'expérience la température s'est élevée graduellement jusqu'à 8°, pendant 28 jours, et les graines qui n'avaient pas germé antérieurement n'ont rien fait de plus.

Sous des températures de 4°,2 à 6°,1.

Les cavités latérales plus éloignées du réservoir de glace ont reçu les mêmes espèces, également dans trois vases.

α a varié de 4°,6 à 6°,1 (moyenne 5°,35). Il renfermait des *Collomia*, qui ont germé le dix-septième jour, en assez forte proportion (la moitié à peu près), et des *Lepidium* qui ont germé le huitième jour, avec assez d'abondance.

β a varié seulement de 4°,7 à 4°,9. Il renfermait du *maïs* qui n'a pas germé, et du *lin* qui a germé le dix-septième jour, dans la proportion à peu près de la cinquième des graines semées.

γ a varié de 4°,2 à 4°,9 (moyenne 4°,55). Il contenait les *Nigella*, *Sesamum* et *Sinapis*. Aucune de ces espèces n'a germé, pas même le *Sinapis*. Évidemment les graines de cette dernière espèce qui lève si aisément, avaient souffert, car un mois après, la température s'étant élevée à 8°, il ne s'est manifesté qu'un seul individu, sur 30 ou 40 semés le 6 mars.

L'humidité avait probablement été trop grande dans ces trois cavités, comme dans celles où la moyenne était de 2°,6 à 3°,2, dont je parlais il y a un instant. Le 9 mai, 28 jours après l'expérience, il ne restait de tous ces semis qu'un seul pied, appartenant au *Sinapis*.

Sous une température de 5°,7 environ.

Le caveau dans lequel se faisait l'expérience a offert, du 6 mars au 11 avril, une température qui a varié seulement de 5°,4 à 6°,0. La moyenne des températures de deux en deux jours a été de 5°,68 ; disons 5°,7.

Toutes les espèces ont été semées le 9 mars, sur un fond de sable, dans une large boite. Elles ont été arrosées avec de l'eau à la température ambiante[1].

Voici les résultats, jusqu'au 11 avril :

Collomia....	quelques graines ont germé le 14e jour ; les autres ont manqué.
Lepidium...	germé le 5e jour, abondamment.
Linum.....	germé le 6e jour, abondamment.
Maïs.......	n'a pas germé.
Nigella.....	germé le 27e jour.
Sesamum...	n'a pas germé.
Sinapis....	germé le 4e jour, abondamment.
Iberis......	germé le 14e jour.
Trifolium...	germé le 10° jour.
Melon......	n'a pas germé.

Du 11 avril au 9 mai, la température du caveau s'est élevée graduellement jusqu'à 8°,0. Les graines de *maïs*, *sésame* et *melon* n'ont pas germé davantage. Celles de *sésame* avaient peut-être souffert de l'humidité ; mais celles de *maïs* et de *melon* étaient à peine gonflées et quelques-unes étaient moisies.

[1] A des températures plus élevées l'évaporation abaissait la moyenne du sol où les graines étaient placées, circonstance dont j'ai tenu compte pour les expériences qui suivent, en prenant la température du sol au lieu de celle de l'air. A 5 ou 6°, cette cause devait avoir peu d'importance, mais elle doit faire présumer que la moyenne était un peu inférieure à 5°,7.

Sous une température de 9° environ.

Au milieu de mai la température du caveau s'était élevée à peu près à 9°. J'en profitai pour semer, le 17, à 1 heure, toutes les espèces, dans une boîte plate, exposée à l'air libre. Le 18 à 2 1/2 heures, j'arrosai et laissai l'expérience continuer. Du 18 mai au 2 juin le thermomètre à l'air libre n'a varié que de 0°,6. Dans le sable des semis les variations ont été de 0°,8. L'humidité causée par l'arrosement a toujours fait baisser la température du sol, relativement à celle de l'air, ce qui m'a décidé à prendre le plus exactement possible la température de la couche supérieure du sol. Toute correction faite au moyen du thermomètre régulateur, je trouve 9°,2 comme la température la plus probable, à laquelle les graines aient été soumises. Voici les résultats :

Collomia..... a germé le 6 3/4 jour du semis.
Lepidium.... a germé le 3e jour du semis.
Lin......... une graine a commencé le 2e jour, plusieurs autres le 4e.
Maïs........ une graine le 10e jour, deux autres le 12e et d'autres après.
Melon....... n'a pas germé.
Nigella...... le 15e jour.
Sesamum..... n'a pas germé.
Sinapis...... au bout de 3 1/2 jours.
Iberis........ le 6e jour.
Trifolium.... quelques graines le 5e jour, d'autres le 6e, le 8e, etc.

Sous une température de 12° à 13°.

Les mêmes graines ont été semées et arrosées le 15 juillet de la même manière que les précédentes, mais

sous une température qui a été dans le caveau, du 15 au 31 juillet, à l'air, de 13°,66, dans le sol de 12°,6, avec des variations extrêmes de 1°,0 à l'air et de 0°,8 dans le sol. Pour les trois premiers jours la moyenne a été dans le sol de 12°,9, ce qui concerne particulièrement quatre des espèces indiquées ci-dessous. Les résultats ont été:

Collomia.... a germé du 6e au 7e jour.
Lepidium..... a germé après 1 3/4 jour environ.
Lin......... a germé après 2 3/4 jours environ.
Maïs........ deux graines sur 17 ont germé à la fin du 5e jour, et le 7e il y en avait la moitié de germées.
Melon....... n'a pas germé, non-seulement du 1 au 31 juillet, mais encore pendant le mois d'août.
Nigella...... le 9e jour (à la fin) le quart des graines a germé.
Sesamum.... a germé à la fin du 9e jour abondamment.
Sinapis..... a germé après 1 3/4 jour.
Iberis....... de 3 1/4 à 4 jours.
Trifolium... a levé à la fin du 3e jour, inégalement.

L'incertitude qui existait sur quatre de ces semis m'a engagé à répéter immédiatement l'expérience.

Le *Lepidium*, sous 12°,9, a levé en 1 3/4 jour, comme précédemment.

Le *lin* a manqué, mais en répétant encore l'expérience sous 13°,5, il a germé au bout de 1 3/4 jour. La moyenne avec la précédente expérience est 2 1/4 jours, sous 13°,2.

Le *Sinapis* a germé en 40 heures environ. La moyenne avec la précédente expérience est 41 heures, sous 12°,9.

Le *Trifolium* en 3 jours, moins environ 3 heures, sous 13°,0.

Sous la température de 17° environ.

Des semis ont été placés, le 15 mai, dans un cabinet où la température de l'air a varié jusqu'à la fin du mois, de 1°,3, et celle du sable dans lequel étaient les graines, de 1°,3 également. Pendant les trois premiers jours la moyenne à laquelle les graines ont été soumises a été de 17°,2; or les *Lepidium* et *Sinapis* ont germé vers le 1 1/2 à 1 3/4 jour; le *lin* et le *Trifolium* à la fin du 2e jour. Vu la rapidité du phénomène, j'ai voulu répéter l'expérience avec plus de précision encore, et j'ai trouvé que les moyennes étant 16°,9, le

Lepidium... a germé en 36 heures.
Lin........ a levé partiellement à la fin du 4e jour.
Sinapis..... à la fin de 3 1/2 jours.
Trifolium... à la fin de 3 1/4 jours environ.

Sous une moyenne de 17°,3, dans une troisième expérience, le *Sinapis* a germé à la fin du second jour. La moyenne de ces trois données, pour le *Sinapis*, est 1,7 jour, sous 17°,2.

La moyenne de deux expériences donne pour les autres espèces, sous 17°,05 :

Lepidium.... 1 1/2 jour.
Linum...... 3 jours.
Trifolium.... 2,6.

Les autres espèces ont donné, sous 16°,9 :

Collomia..... 5 1/2 jours.
Maïs......... 3 3/4 jours.

Melon........ a commencé après $9^{1}/_{4}$ jours et a con-continué à lever les jours suivants.

Nigella... ... 6e jour.

Sesamum..... 3e jour.

Iberis........ 4e jour.

Sous la température de 20° à 21° environ.

Des semis semblables ont été faits dans une chambre où la température était assez constante. Les graines, placées dans une boîte ouverte, ont été fortement arrosées, recouvertes de papier gris humecté, et le tout a été enfermé dans un tiroir. La forme de la boîte permettait de placer le thermomètre obliquement, dans la couche superficielle de sable où étaient les graines. Le 2 août, à 4 heures du soir, au début de l'expérience, la température était de 22°,1 ; le lendemain à 10 heures elle était de 21°,2 et le jour suivant à 10 heures de 19°,9. On peut admettre 21°,1 comme la moyenne approximative. Voici les faits :

Lepidium... a germé en 38 heures.

Lin........ a germé en 36 heures, environ.

Maïs. . .... 2 graines ont germé à la 42e heure et d'autres ont suivi.

Nigella..... en $4\,^{1}/_{4}$ jours.

Sesamum.... a germé en 30 à 36 heures, sans que j'aie pu bien préciser, au milieu de la seconde nuit.

Sinapis..... une graine a germé en 18 heures et les autres ont suivi ; admettons 22 heures pour les premières.

Trifolium... quelques graines ont germé en 42 h.

Le 5 août la température avait baissé et la moyenne

du 2 août après-midi au 5 vers 10 heures du mat
être estimée à 20°,4. L'Iberis a germé sous ces
tion en 2 $^{3}/_{4}$ jours.

Le *Collomia* n'a pas levé. Ses graines ont été g
et arrosées sous des températures de 18°,8 à
(moyenne dès le début 19°,6) et le 18 août (15 $^{1}/_{2}$ jo
semis), il en a germé une.

Pour ménager mes graines de melon, dont il rest
peu, je n'en ai pas semé alors, mais j'y suis rev
16 août, pour combler cette lacune, et sous une m
de 19°,4, ayant varié de 18°,8 à 20°,4, deux grain
10 ont germé en 2 jours et 20 heures.

Sous la température de 24° à 25°.

Le 19 juillet un semis a été fait dans une ch
où la température était de 26° environ, et plus
depuis le 22 jusqu'à la fin du mois, de 23 à 24
graines ont été mises sur du sable, dans un tiro
mant bien, et pour éviter encore les variations
rieures, elles ont été recouvertes de feuilles de
gris. On a arrosé le sable et humecté le papier. La t
rature s'est maintenue pendant trois jours dans le
entre 24°,9 et 25°,2 (moyenne 25,05). Sous ces
tions :

Lin...... a germé en 38 heures.

Maïs...... 1 graine sur 12 a germé en 23 h
mais la moitié des graines n'a
qu'après 44 heures.

Melon..... 2 graines sur 10 ont germé en 4
res, les autres ont suivi.

Sesamum.. a germé en 21 à 22 $^{1}/_{2}$ heures. C
pidité extrême m'ayant empêc

bien constater, j'ai fait immédiatement un nouveau semis, sous une température de 24°,4 à 24°,9 : il a poussé en 22 ½ heures.

Sinapis.... paraît avoir germé en 36 heures, mais c'était dans la nuit et le moment n'a pas été précisé.

Trifolium.. a germé vers la 42e heure.

Les *Nigella* et l'*Iberis* ont échappé à l'observation, par suite d'un accident.

Le *Lepidium* a présenté un fait singulier, résultant probablement d'une erreur d'observation ou d'un choix accidentel de graines plus tardives que les autres. Cette espèce, qui germe sous de basses températures avec une grande rapidité, a commencé à germer partiellement (2 graines sur 10) vers la fin du 6e jour seulement et la plupart des graines ont levé entre le 6e et 7e jour. La température des sept jours a varié de 22°,1 à 25°,1, la moyenne étant de 23°,6 ou de 23°,7 environ. La construction de la courbe (*voyez la planche*) montre que ce fait n'est pas en harmonie avec ceux déduits de températures plus hautes ou plus basses, que par conséquent il y a eu erreur ou accident. Pour m'en assurer mieux encore, j'ai répété l'expérience au mois de novembre sous une autre forme, avec un lumignon placé sous un grand bocal plein d'eau, dans lequel flottait une bouteille contenant le semis de *Lepidium*. La moyenne de température a été de 21°,1 avec des variations insignifiantes, et le *Lepidium* a germé après 38 ou 39 heures, exactement comme dans l'expérience mentionnée ci-dessus. Avec une température de 26° à 27°, qui malheureusement s'est élevée beaucoup plus haut (43°) pendant quel-

ques heures, le *Lepidium* a commencé à lever à la 16e heure. On peut en conclure que l'expérience, sous 25°, était fausse.

Enfin le *Collomia* n'a point germé dans le mois de juillet. La température du sable s'est maintenue du 24 juillet au 3 août entre 22°,5 et 22°,1 ; elle s'est abaissée le 8 août à 18°,5, puis elle a remonté le 14 août à 28°,6. Les graines avaient été conservées et arrosées ; je croyais qu'elles ne lèveraient pas, lorsque le 15 août, deux d'entre elles ont germé. La moyenne de température a trop varié pour que l'expérience soit satisfaisante. En la prenant pour bonne, il faudrait admettre que sous une moyenne de 21°,5, le *Collomia* exige une durée de 27 jours, ce qui concorde, du reste, avec l'observation sous 19°,6, comme on peut voir dans le tracé des courbes (*v. la planche*). On peut se demander, comme pour le *Lepidium*, si la température de la seconde moitié de la période qui s'est abaissée momentanément jusqu'à 18°,5, n'avait pas été la cause d'une germination que la chaleur empêchait dans la période précédente. J'en doute cependant, puisque la germination est arrivée lorsque la moyenne était revenue à 20°,6. D'ailleurs la durée de 27 jours concorde assez avec celle de l'expérience sous 17° à 18°, comme la courbe l'indique bien.

Température de 28° environ.

Ne pouvant pas obtenir à Genève, à l'air libre, même pendant un été très-chaud, des moyennes constantes de plus de 24°, j'ai recouru à la chaleur artificielle pour les températures plus élevées.

Une cuvette, à peu près remplie d'eau tiède, a été placée sur une veilleuse chauffée par un lumignon qu'il

suffisait de renouveler trois fois dans les 24 heures. Une coupe de porcelaine, remplie de sable, plongeait aux deux tiers dans l'eau de la cuvette et devait recevoir les graines. La température s'est maintenue avec une certaine fixité entre 29° et 30°. J'ai semé alors les graines, à une distance égale du bord de la coupe, et, après les avoir laissé prendre la température du sable, j'ai arrosé copieusement avec de l'eau à 30°, qui n'avait pas bouilli. L'expérience, commencée le 2 août, à minuit, a été arrêtée le 6, à midi. Pendant ce temps, la moyenne de température dans la chambre s'était abaissée de 21° à 18°. Cette cause, ainsi que l'évaporation du sable, plus ou moins humide, et les variations inévitables de la source du calorique, ont fait varier la température de 27°,0 à 29°,0, et même dans la matinée du dernier jour elle est descendue à 26°,3 ; mais ceci ne peut pas avoir influé sur la plupart des graines, qui avaient déjà germé. Les faits ont été :

Lepidium.... Deux graines ont germé en 39 heures ; une ou deux autres ont ensuite levé ; cependant la plupart n'ont pas germé du tout.

Linum...... Au bout de 2 ½ jours une graine a germé ; à la fin du troisième jour, seulement trois avaient germé ; la majorité, environ les $^4/_5$, n'ont pas germé du tout.

Maïs........ A levé isolément depuis la 36e heure, mais après le second jour presque toutes les graines poussaient vigoureusement.

Melon ...... Une graine a montré sa radicule à la fin du 3e jour et à 3 ¼ jours la majorité germait régulièrement.

Sesamum ... La germination a commencé au bout de 22 heures; elle était abondante dès les trois ou quatre heures qui ont suivi.

Sinapis ..... Deux graines seulement, sur une dixaine, ont germé à la fin du 3ᵉ jour; six heures après, une troisième a montré sa radicule; la plupart n'ont pas germé.

Trifolium ... Quelques graines ont germé à la fin du 3ᵉ jour; la plupart n'ont pas germé.

Les *Collomia* et *Nigella* n'avaient pas germé. Pour prolonger l'expérience, j'ai laissé ces graines en place, mais sous des conditions où la température a varié de 32° à 37°, jusqu'au 10 août. Il a levé encore, sous ces conditions, deux ou trois *Trifolium* et un ou deux *Linum,* mais pas de *Collomia* et *Nigella.*

Le 4 août, à 5 heures du soir, j'ai semé et arrosé des graines de *Sesamum* dans un petit godet placé de manière à conserver 27° à 28° de température. Au bout de 31 heures, une seule graine a germé. L'expérience n'a pas été prolongée.

Température sous 40° à 41°.

Les graines ont été semées le 6 août, à 8 heures du soir, dans un vase en verre, rempli de sable sec, placé au centre de la coupe de porcelaine occupée par le sable humide de la précédente expérience. A 11 $^1/_2$ heures du soir j'ai arrosé copieusement avec de l'eau à 41°, qui n'avait pas bouilli. La température du sable a été maintenue jusqu'au 10 août, à 5 $^1/_2$ heures du soir, entre 39°,6 et 45°,4, mais elle n'est montée à ce chiffre que le 7 août dans la soirée, et la moyenne, prise de 12 en 12 heures, a été de 40°,6.

Deux graines de sésame ont germé au bout de 10 $^1/_2$ heures, et d'autres ont immédiatement suivi. La moyenne pendant ces 10 $^1/_2$ heures doit avoir été de 40°,7.

Aucune des autres espèces n'a germé, et, comme les graines de maïs et de melon avaient pris une teinte foncée (surtout celles de maïs), qui indiquait une altération, j'ai sorti le vase de verre et l'ai posé sur une cheminée en marbre où il a pris rapidement la température ambiante de 20° à 21°. A ma grande surprise, 4 $^1/_2$ heures après, trois graines de melon se sont mises à germer ! Les autres espèces n'ont pas poussé dans les jours suivants, jusqu'au 12 août ; ainsi il est probable que les graines de melon allaient germer sous 40°,6, si je n'avais interrompu l'expérience. Elles auraient donc demandé, sous ces conditions, 4 jours moins 2 heures, soit 94 heures.

Sous des températures plus élevées.

Il m'a paru assez inutile de continuer sous des températures plus élevées, excepté pour le sésame, qui paraissait résister le mieux à une chaleur extrême. Les expériences de Lefébure et celles de MM. Edwards et Colin ont prouvé que la plupart des graines subissent une altération sous des températures de 50° et au delà, quand la terre est humide, altération si profonde qu'elles ne peuvent plus germer lorsqu'on les met ensuite dans des conditions favorables. Des graines chauffées à sec, dans une étuve, peuvent supporter une chaleur qui approche du point de la combustion [1] ; mais dans de l'eau, elles perdent leur faculté germinative à 55°, 50°, peut-être au-dessous, suivant l'espèce et surtout suivant la durée de

[1] Edwards et Colin, l. c. — Théod. de Saussure, dans *Mém. Soc. de phys. et d'hist. nat. de Genève*. 3, part. 2.



l'immersion[1]. Dans de la terre humide la graine est altérée, selon l'abondance de l'eau, à tel ou tel degré du thermomètre. Ainsi, avec le mode d'expérimentation que j'avais adopté dans un certain but, les graines étant toujour arrosées abondamment devaient perdre leur faculté de germer sous 50°, 45° et peut-être 44° ou 43°, comme le prouve l'expérience précédente, sans qu'il fût possible de régler et de constater exactement cette limite.

Je me suis donc borné à suivre les graines de sésame jusqu'à 57° environ, et voici ce qui est arrivé :

Un semis a été fait à 7 heures du soir dans du sable qui avait été chauffé lentement, avec les graines et à sec, jusqu'à 51°. J'ai arrosé copieusement avec de l'eau à cette température. La chaleur s'est élevée dans le sol jusqu'à 57°; elle a varié de 50° à 57°, se tenant plus habituellement entre 51° et 52°. Quelques graines ont été perdues par négligence. Une, sur cinq qui restaient, a germé au bout de 25 $^3/_4$ heures. Dans une dernière expérience, où le sésame, arrosé de la même manière, a été soumis à une moyenne plus fixe de 43° à 45°, pendant 26 heures, et ensuite abandonné à des températures de 18°,5 à 22°, trois graines, sur une douzaine, ont germé au bout de six jours de semis; deux ont suivi, et la majorité n'a pas germé, ce qui montre à quel point la chaleur de 43° à 45° avait été nuisible.

§ 2. Déductions et conclusions.

1° *Il existe des graines qui germent sous 0°.*

MM. Edwards et Colin disaient, en 1834, dans leur

[1] Lefébure, p. 120 et suiv. — Edwards et Colin, l. c. — Fr. Burckhardt, l. c.

mémoire : « Il n'y a pas, que l'on sache, de graines en état de germer au terme de la glace fondante. » M. de Seynes, dans son résumé très-intéressant sur la germination [1], répéte en 1863 : « On ne connaît pas de graines de Phanérogames qui germent à 0°. » Mes expériences constatent que, sur une dixaine d'espèces, prises au hasard, il s'en est trouvé une qui germe sous 0° (le *Sinapis alba*).

Le fait est d'autant plus singulier qu'il ne s'agit pas d'une plante des régions polaires ou des hautes montagnes. Probablement il y a d'autres espèces dans le même cas, surtout parmi celles qui vivent autour des neiges, mais on ne peut guère le savoir en observant le cours ordinaire des choses. En effet, la permanence d'une température de 0° est très-rare dans la nature. Il suffit d'un rayon de soleil ou du voisinage d'un corps à une température supérieure à 0°, pour élever la température d'un ruisseau qui sort de la neige fondante. On sait combien il est difficile de maintenir 0° dans un bassin rempli de glace lorsqu'on veut vérifier le zéro d'un thermomètre. Ce n'est que par une observation attentive, dans une expérience prolongée, qu'on peut savoir si une espèce germe sous 0°. Il y a même des graines pour lesquelles une expérience de 35 jours, comme la mienne, ne suffirait pas.

2° *Nécessité d'un minimum pour chaque espèce.*

Le *Sinapis alba* a germé sous 0°. Peut-être cette espèce aurait pu germer à une température un peu inférieure encore pourvu que l'eau fût liquide; mais ce

[1] De la germination. Br. in 8°. Paris 1863.

genre d'expérience m'a paru trop difficile |
tenté [1].

Le *Lepidium* et le *lin* ont germé sous une m
1°,8, et n'avaient pas levé sous 0°.

Le *Collomia,* qui ne germe pas sous 3°, ge
5°,3.

Les *Nigella, Iberis* et *Trifolium repens,* qui
pas germé à 5°,3, ont levé à 5°,7.

Le *maïs,* qui n'a pas germé sous 5°,7, a germ

Le *Sesamum,* qui n'a pas levé sous 9°, a ge
13°.

Enfin les graines de *melon,* qui ne germaient
13°, ont germé sous 17°.

Des graines de *cotonnier,* ayant au moins d
que j'avais cru hors d'état de lever, parce qu'ell
résisté dans une expérience préalable à 18° pen
sieurs jours, ont levé sur un poêle dont la ten
variait beaucoup, mais atteignait par moments

Lefébure avait constaté pour les graines
mises dans un sol humide, le minimum de 5
MM. Edwards et Colin disent avoir fait germe
d'hiver, de l'orge et du seigle à 7° C., mais ils
tendent pas que ce soit le minimum, et il est |
bable que l'orge tout au moins germerait à
inférieur en prolongeant l'expérience.

Les espèces demandent donc pour germer un
déterminé. Assurément les usages de l'agricultu

[1] Les physiciens peuvent maintenir l'eau à l'état l
dessous de 0°, comme le montrent les belles expérienc
Dufour ; mais ce qui est à peu près impossible, c'est de
cet état de choses, tout en donnant à des graines l'oxyg
saire à la germination.

saient penser, mais on ne savait pas si les graines semées trop tôt au printemps sont seulement retardées, ralenties, dans leur germination, ou si leur développement est absolument impossible. L'expérience montre que dans ce cas la germination est empêchée. Elle prouve aussi combien il est nécessaire, dans les calculs sur la température à l'égard des végétaux, de s'appuier sur des faits déduits de températures constantes et prolongées [1], ensuite de considérer certaines températures comme inutiles à chaque espèce, du moins en ce qui concerne la germination. Il ne manque assurément pas de faits d'après lesquels il en est de même pour la foliaison, la floraison et la maturation, seulement ces faits sont moins précis.

Dans mes expériences, les espèces qui demandent les minima les plus élevés sont toutes des pays chauds. Elles sont exclues par cette cause des pays froids, car, si elles y germaient, ce serait trop tard au printemps, et elles ne pourraient plus arriver à mûrir leurs graines avant l'hiver. Parmi les espèces qui lèvent sous de basses températures, il en existe qui sont de pays tempérés. Elles n'avancent pas jusque dans les régions polaires, soit par des causes étrangères aux faits de la germination, soit parce que germant trop tôt les parties herbacées sont saisies par le froid.

3° *Existence d'un maximum.*

Lorsque la température se maintient sous un certain degré un peu haut, telle ou telle graine ne peut plus ger-

[1] M. H. Hoffmann (*Witterung und Wachsthum*, etc., 1857, p. 525 et ailleurs) doute qu'il existe un minimum propre à chaque espèce, mais il ne s'est servi absolument que d'expériences sous des températures variables, dont il considère les moyennes comme égales à une température constante.

mer. Ainsi, dans mes expériences, les graines de *Nigella* et de *Collomia* n'ont pas levé quand la moyenne a dépassé 28°. La plupart des graines de *Trifolium repens* n'ont pas germé à 28°, d'où l'on peut supposer qu'à 30° environ aucune n'aurait levé. Le maïs doit cesser vers 35°, car à 40° les graines deviennent brunes et comme brûlées. Cependant une de ces graines brunies par l'effet de 50° à 57° de chaleur, a germé le onzième jour, après que l'expérience ayant été abandonnée, la température s'était abaissée à 18° ou 20°. Les graines de melon et surtout de sésame supportent 40°, mais elles prennent une teinte brune qui indique certaine altération, et il est probable que vers 42°, pour l'une, et 45° pour l'autre la germination devient ordinairement impossible. Toutefois, des graines de sésame et de melon ayant reçu jusqu'à 45° et ayant été abandonnées ensuite à 18°-20°, ont levé partiellement.

La limite, comme je le disais tout à l'heure, dépend beaucoup de l'humidité. Immergées longtemps dans de l'eau à 50° et même 45° [1], plusieurs de ces graines souffriraient; dans de la terre humide, elles peuvent encore germer, et, comme la quantité d'humidité est très-variable, que d'ailleurs mes expériences ne permettaient pas d'observer, sous chaque degré de température élevée, pendant un temps un peu long, je n'ai pas cherché à obtenir une plus grande exactitude.

[1] Aucune des graines de légumineuses et de graminées soumises aux expériences de MM. Edwards et Colin, n'ont pu germer après une immersion d'un quart d'heure dans de l'eau à 50°. D'après les expériences de M. F. Burckhardt des graines de *Lepidium* et de *lin* ont pu germer après une immersion d'une demi-heure dans de l'eau à 50° (49°,6 à 51°,4), mais non après la même durée d'immersion dans de l'eau à 60° (57° à 62°).

Lefébure avait constaté pour les graines de rave, semées dans de la terre humide, le maximum de 38° C. MM. Edwards et Colin avaient trouvé que, dans du sable légèrement humide, des graines de blé d'hiver, de blé de mars, d'orge, de seigle, d'avoine soumises à 40° C. avaient parfaitement levé, qu'à 45° une partie seulement levait, et à 50° aucune.

4° *Amplitude entre le minimum et le maximum.*

Si l'on appelle *amplitude* le nombre de degrés compris entre le minimum nécessaire pour la germination d'une espèce et le maximum au delà duquel le phénomène est impossible, on trouve des différences d'une espèce à l'autre.

Ainsi les *Collomia* et *Nigella* ont 23° d'amplitude, le maïs 26 ou 27, le melon 24 ou 25, le sésame environ 30, le *Sinapis* près de 40°. Le maximum étant variable suivant l'humidité, il ne faut pas attacher une grande valeur à ces chiffres.

Évidemment une amplitude courte est une cause défavorable à l'extension géographique d'une espèce et à sa culture.

5° *Différences entre des graines de même espèce et origine.*

Les physiciens reprochent quelquefois aux naturalistes de négliger la méthode expérimentale pour suivre constamment celle de l'observation. Voici un exemple qui justifie les naturalistes.

Rien n'est plus facile à soumettre aux expériences que des graines ; rien ne paraît plus homogène, plus comparable, dans une même espèce. Et cependant des graines puisées à la même provision, conservées de la même

manière, semées ensemble, germent successiv
fait est fréquent; je l'ai vu maintes fois dans
riences. Les agriculteurs le connaissent bien.
familles, par exemple les légumineuses, qui le
comme je le disais tout à l'heure, à un degré
mode. C'est que les graines d'une même réc
même plante, d'une même capsule, ne sont id
physiquement ni chimiquement. Leur organisat
compliquée, et leur évolution très-compliquée
que d'autres faits physiologiques le soient dav
physiciens raisonnent sur des corps homogèn
turalistes sur des corps hétérogènes. Un mé
à une température bien constante, parce qu'i
posé de parties semblables. Un corps organi
sente jamais cette complète similitude de
parties d'un même organe. De là moins d'exac
les expériences et nécessité presque habituel
parer beaucoup de faits, c'est-à-dire d'observ

Il a fallu, dans mes expériences, noter
plusieurs graines germant successivement, s
vingt, et j'ai appelé germination, assez arbitra
seconde ou troisième apparition de radicule
graines.

Si la température est très-favorable, la gern
plusieurs graines arrive simultanément. Près
mum et surtout du minimum, les graines ge
irrégulièrement, et un plus grand nombre n
pas.

6° *Influence de l'albumen.*

La structure de chaque espèce de graines,
lier l'absence ou la présence de l'albumen, e

[1] Voyez *Cohn, Symbola ad seminis physiologiam,*
lin 1847.

lorsqu'il existe, doivent exercer une certaine influence pour accélérer ou retarder l'effet du calorique. Mais le petit nombre des espèces que j'ai expérimentées ne m'a pas permis de le constater suffisamment.

Six des espèces observées n'ont point d'albumen, savoir : les trois crucifères, les *Cucumis*, *Trifolium* et *Sesamum ;* les quatre autres, savoir : *Nigella, Linum, Collomia* et *Zea Maïs* ont un albumen. Celui du maïs est considérable ; celui du lin, au contraire, très-mince.

Les trois espèces à albumen plus ou moins considérable se trouvent exiger un minimum de 5° et quelquefois plus, pour germer. Les *Sinapis, Lepidium, Linum,* qui germent sous des températures très-basses, n'ont pas d'albumen ou en ont très-peu. D'un autre côté, il est frappant de voir les graines de *Sesamum,* qui ressemblent beaucoup à celles des crucifères pour l'absence de l'albumen, la texture et la grosseur, demander 10° à 12° pour germer.

La température de 17° à 18° est favorable à toutes ces graines. Or la germination sous cette température a eu lieu dans l'ordre suivant : *Lepidium, Sinapis, Trifolium, Sesamum* et *Linum, Iberis, Maïs, Collomia, Nigella, Melon,* ce qui montre mieux une certaine influence de l'albumen pour retarder. Le melon se trouve, il est vrai, le plus tardif, quoique sans albumen, mais la nature coriace de ses enveloppes doit entraver le développement.

7° *Rapport entre la température et le temps requis pour la germination.*

Toutes les espèces ont offert une marche assez semblable quant à la durée sous des températures diverses.

Près du minimum une augmentation légère de tempé-

rature abrége notablement la durée de la germination. Sous des moyennes plus favorables l'accélération est faible. Enfin, près du maximum, l'intensité de la chaleur devient nuisible et retarde la germination. Celle-ci est impossible sous un degré plus élevé. MM. Edwards et Colin avaient déjà fait cette remarque[1]. Elle saute aux yeux si l'on construit des courbes qui expriment les résultats de mes expériences. (*Voyez la planche ci-jointe.*)

Les degrés du thermomètre centigrade étant marqués sur la ligne verticale, et les jours (de 24 heures) sur la ligne horizontale, j'ai reporté chaque observation par un point indiquant le moment où germaient les graines de chaque espèce, sous chaque température constante. Ces points ont été liés par des lignes droites, qui indiquent, avec un peu d'imagination, ce que seraient des courbes normales, fondées sur des observations plus nombreuses et tout à fait exactes.

On voit aussitôt que mes observations sous 3° à 6° et sous 17° sont peu satisfaisantes, car elles ont donné aux courbes une forme irrégulière. On peut remarquer aussi que le lin a offert plusieurs anomalies, tenant peut-être à une rupture peu régulière du spermoderme pour un certain degré d'évolution de l'embryon.

Abstraction faite de ces irrégularités, la courbe de chaque espèce s'élève d'abord lentement, et la différence d'une espèce à l'autre est assez grande. Ensuite toutes les courbes se rapprochent et deviennent à peu près parallèles à la ligne des températures; enfin elles divergent et s'éloignent vers le haut.

Il résulte de là que l'ordre *relatif* d'évolution des graines n'est pas le même, suivant qu'on envisage des

[1] *Ann. des Sc. nat.* ser. 2, v. I, p. 270.

températures basses, moyennes ou élevées. Les lignes se croisent, comme les limites d'habitation des espèces, en géographie botanique, et un peu par les mêmes causes.

On a proposé, pour mesurer la température nécessaire aux fonctions végétatives considérées soit une à une, soit dans l'ensemble de la vie d'une plante, d'additionner les degrés du thermomètre, de jour en jour, depuis le commencement jusqu'à la fin soit de la fonction, soit de la vie de l'individu. D'après les calculs de M. Boussingault sur des espèces annuelles cultivées, et ceux que j'ai publiés sur quelques espèces spontanées, on trouve à peu près la même somme de degrés pour l'accomplissement d'une fonction ou de toutes les fonctions de la même espèce. S'il y a eu plus de chaleur, la végétation aura marché plus vite, et réciproquement, de sorte que l'un des chiffres compense à peu près l'autre. Comme la température et le temps sont des éléments absolument différents dans leur essence, que nous les saisissons seulement dans une partie de leur extension infinie et que nous divisons arbitrairement cette partie en degrés et en jours, il n'y a pas de raison à priori pour que les jours de durée compensent exactement les degrés. Si cela arrive, c'est un fait, d'abord soupçonné, puis constaté, voilà tout. La question est de savoir jusqu'à quel point cette loi, de sa nature empirique, est fondée en réalité, et il y a, comme je le disais en commençant, un certain intérêt à s'en assurer par des observations directes, pour une fonction moins compliquée que d'autres, où la chaleur influe sans la lumière.

Le calcul peut être fait de deux manières : ou en additionnant tous les degrés au-dessus de zéro ou en re-

tranchant les degrés inutiles à l'espèce, dans la fonction dont il s'agit, puis en additionnant les autres degrés, jusqu'au moment où la fonction est accomplie. Ce dernier mode paraît *à priori* plus logique, mais l'ignorance où l'on est presque toujours sur les minima empêche de l'employer. Voici les chiffres quant aux germinations observées. Je citerai seulement trois espèces, les autres présentant des faits analogues.

Le *Trifolium repens*[1] à 5°,7 demande 10 jours (de 24 heures) pour germer. Dix fois 5°,7 donne le chiffre de 57, mais il a été constaté que sous 5°,5 l'espèce ne germe plus; donc la température vraiment utile serait seulement 0°,2 pendant 10 jours, ce qui produit un chiffre total de 2° seulement. Des calculs semblables étant faits sur les germinations du Trifolium observées à 9°, 13°, 17°, etc., on obtient :

Temp.		Jours.	En calculant au-dessus de 0°.	En retranchant le minimum 5°,5.
5°,7	×	10 =	 57	 2
9,2		5	 46	 18
13,2		3	 39	 23
17,0		2,6	 44	 30
21,1		1,75	 37	 27
25,0		1,75	 44	 34
28,0		3	 84	 67

Dans l'une et l'autre manière de calculer, le premier et le dernier chiffre font disparate avec les autres, c'est-à-dire que près du minimum et près du maximum les rapports entre la température et la durée de la germination s'éloignent de l'ordinaire, en d'autres termes

1 Cette espèce n'a pas été marquée sur la planche, afin de ne pas compliquer. Elle marche parallèlement au lin dans les degrés inférieurs; ensuite, de 21° à 25°, elle est presque identique avec le maïs, et s'en éloigne plus haut.

que la germination est alors plus difficile et qu'elle en devient extrêmement lente. Sous les autres conditions de température les chiffres ne présentent pas plus de diversité qu'on ne peut en admettre dans des faits physiologiques où tant de causes influent et où des erreurs d'observation se glissent inévitablement. Contrairement à ce que j'avais supposé les chiffres sont, dans le cas actuel, plus divers entre eux si on retranche les températures inutiles, que si on ne les retranche pas.

Le *Lepidium* qui demande environ 1° pour pouvoir germer, donne les chiffres suivants[1] :

Temp.	Jours.	En calculant au-dessus de 0°.	En calculant au-dessus de + 1°.
1°,65 ×	30 =	 49	 19
3,0	11	 33	 22
5,7	5	 28	 23
9,2	3	 28	 25
13,2	1,75	 23	 21
17,0	1,50	 25	 24
21,1	1,58	... 33	 32
28,0	1,6	 44	 43

Citons encore le *Sesamum* qui exige un minimum très-élevé, de 10 à 12° (supposons 11°) :

Temp.	Jours.	En calculant au-dessus de 0°.	En calculant au-dessus de 11°.
12°,6 ×	9 =	 113	 14
16,9	3	 51	 17
21,1	1,4	 29	 14
24,6	0,94	 23	 13
28,0	0,92	 25	 15
40,7	0,44	 18	 13

[1] M. Burckhard, a trouvé des chiffres plus élevés, mais il appelle germination une phase de développement plus avancée, celle où les cotylédons s'étalent.

Dans ces deux exemples, surtout dans le dernier, les chiffres deviennent beaucoup plus égaux en retranchant les degrés de température au-dessous du minimum. Vraisemblablement cette correction est d'autant plus nécessaire que le minimum est plus élevé.

Abstraction faite dans ces trois calculs des chiffres du commencement et de la fin, qui sont souvent en désaccord avec les autres, la germination s'opère, dans des espèces très-différentes, sous l'empire de conditions de temps et de température assez semblables, car les chiffres sont compris entre 14 et 34 lorsqu'on déduit les minima. Ils sont un peu plus faibles pour l'espèce qui demande le plus de chaleur initiale, mais dans une proportion peu importante.

En définitive, la méthode des sommes de température s'applique médiocrement aux faits de germination. Ce qu'il y a d'essentiel à connaître pour chaque espèce, à l'égard de cette fonction, c'est le minimum nécessaire. Le reste diffère peu d'une plante à l'autre, et il est aisé de prévoir les effets d'une augmentation de température, une fois la germination possible, sans recourir à des calculs ou à des observations directes pour chaque espèce.

Il n'en est peut-être pas de même dans les autres fonctions, ni dans l'ensemble des fonctions depuis la germination jusqu'à la maturation. Ce serait une chose à démontrer par expérience. Malheureusement, je ne connais aucun moyen de faire développer régulièrement une plante phanérogame, sous une certaine température, *sans lumière*. Il faudrait au moins pouvoir donner à une espèce une lumière égale et de nature semblable, pendant plusieurs semaines. Avec le progrès des connaissances on y parviendra tôt ou tard, mais jusque là nos

calculs sur les sommes de chaleur en géographie botanique, en agriculture et horticulture seront entachés d'hypothèses et de causes multiples d'inexactitude[1].

8°. *Températures variables.*

Je n'ai pas encore fait d'expérience sur la germination sous des températures variables. Je me suis même efforcé de maintenir des températures plus constantes que ne l'avait fait M. Burckhardt, afin d'éliminer autant que possible les erreurs provenant peut-être des variations.

On peut augurer de l'existence démontrée d'un minimum, qu'une température moyenne ne fait pas le même effet que la même température constante, à moins peut-être qu'il ne s'agisse d'une moyenne calculée au-dessus du minimum nécessaire à l'espèce et au-dessous du degré où la chaleur lui devient nuisible. En défalquant les degrés inutiles et défavorables, il est possible que les moyennes agissent comme une température semblable constante. Je vois cependant un motif pour en douter. C'est que les températures trop basses pour la germination d'une espèce ne le sont probablement pas en ce qui concerne tel ou tel détail particulier de la fonction de la germination. Les basses températures m'ont paru nuisibles à l'absorption de l'eau par la surface des graines ; cependant il pourrait y avoir un

[1] Si les autres fonctions se comportent comme la germination, il faudrait se défier des chiffres calculés sur l'extrême limite des espèces. On voit en effet que près du point où la végétation est arrêtée il faut beaucoup plus de temps pour compenser le manque de chaleur. Les chiffres calculés près des limites ne seraient bons que pour être comparés entre eux, et il ne faudrait pas appliquer avec confiance des chiffres tirés du milieu d'une habitation pour exprimer les conditions nécessaires sur les limites.

peu d'absorption, laquelle profiterait ensuite lorsque la température s'élève momentanément. De même pour d'autres phénomènes intérieurs de la graine. Chacun d'eux est une fonction dans l'évolution générale de la germination, et chacun a son minimum et son maximum. Rien n'est simple dans la nature, même dans ce qui paraît relativement très-simple.

9°. *Analogie entre les graines et les œufs.*

Quelques naturalistes n'ont pas craint d'affirmer une sorte d'identité de la graine et de l'œuf. Il y a cependant, au point de vue physiologique, cette grande différence que l'embryon est presque complétement stationnaire et inerte dans l'intérieur de la graine, tandis que les influences atmosphériques agissent sur l'animal contenu dans l'œuf et doivent agir pour que l'animal ne périsse pas. L'œuf ne cesse pas de dégager du gaz acide carbonique et d'évaporer. Il a besoin par conséquent d'air, tandis que la graine peut s'en passer.

Du reste, à toutes les ressemblances qui existent, il faut ajouter celle-ci : que les zoologistes se sont contentés jusqu'à présent, comme les botanistes, de notions assez vagues sur les effets de la température à l'égard des germes. Si j'ai été bien renseigné, et je me suis adressé à de bonnes autorités, il n'a pas été fait d'expériences exactes et un peu variées sur l'éclosion à des degrés déterminés du thermomètre. Il y a cependant un mémoire sur l'éducation des vers à soie, par MM. Millet et Robinet et Mme Millet, qui donne des renseignements précis sur une espèce. « Pour obtenir l'éclosion des vers à soie, disent ces auteurs, il faut que les œufs aient été soumis à une température de +9°C. Le nombre de degrés nécessaire pour déterminer l'éclo-

sion décroît en même temps que le nombre de jours employés pour les produire. En d'autres termes, si l'on veut répartir entre 50 jours d'un côté et 100 de l'autre le nombre de degrés de chaleur, ce nombre se trouve plus que suffisant dans le premier cas, et l'éclosion a lieu avant l'emploi de toute la chaleur, ou bien encore une température de 20° pendant 10 jours, ce qui fait 200°, a plus d'influence sur le développement du ver qu'une température de 10° pendant 20 jours, ce qui fait cependant aussi 200°. Les 200° sont insuffisants dans le dernier cas et surabondants dans le premier. »

On voit ici l'influence d'un minimum, qui existe pour l'œuf comme pour la graine : si le ver à soie exige 9°, il est évident que des moyennes de 10° lui profitent peu.

10°. Analogie de la germination avec la combustion.

La production de gaz acide carbonique au moyen de l'oxygène de l'air a toujours fait classer la germination, comme la respiration, parmi les phénomènes qu'on peut appeler, d'une manière générale, de combustion. On doit ajouter aussi, comme analogie, la nécessité d'une certaine chaleur initiale pour la germination, seulement dans les graines le minimum de température est bas : la graine de moutarde brûle à 0°.

Quant à la marche plus ou moins rapide de la germination, il faudrait comparer la graine à un combustible qui est atteint lentement et successivement à l'intérieur par l'effet du calorique. Il y a deux enveloppes et souvent un tissu cellulaire gorgé de fécule, autour de l'embryon, ce qui doit retarder évidemment l'influence de la chaleur, comme de l'oxygène et de l'humidité, sur les organes intérieurs.

11°. Nature propre de la germination.

Au premier aperçu tout le monde est disposé à voir dans la germination quelque chose d'extraordinaire, d'inexplicable, c'est-à-dire de vital, où la chaleur et l'oxygène ranimeraient la jeune plante, qu'on sait bien cependant n'être pas morte. Je crains qu'il ne faille laisser ce genre de considérations aux poëtes, car plus on étudie la germination plus il semble qu'elle se compose de phénomènes uniquement physiques et chimiques.

Je n'ai pas examiné, il est vrai, les modifications du tissu des graines sous les diverses températures auxquelles je les ai soumises. C'est une recherche dont l'intérêt serait grand et qu'il faudrait scruter, au moyen du microscope, avec autant de soin que l'a fait M. Arthur Gris dans ses travaux récents sur l'anatomie des graines qui commencent à germer. On aimerait savoir quelles altérations subissent les graines au-dessous de leur minimum de germination, au-dessus de leur maximum, et même dans les degrés intermédiaires qui favorisent plus ou moins chaque fonction partielle dont l'ensemble constitue la germination. L'apparence extérieure indique, il est vrai, une partie des phénomènes. Au-dessous du minimum les graines maintenues dans un milieu humide et ne pouvant pas germer, pourrissent lentement; au-dessus de 45 à 50° elles commencent à se carboniser. Il est aisé de comprendre que ces altérations extérieures gagnent le tissu interne, les dépôts de matières dans les cellules et même l'embryon. Ainsi la jeune plante dans la graine se trouve comme un prisonnier resserré dans un étroit espace. Les causes physiques et chimiques éloignent les parois de la prison, les rendent flexibles, pénétrables, et transforment quelquefois des matières encombrantes en

matières liquides, nutritives. Si ces opérations physiques et chimiques n'ont pas lieu trop lentement ou trop brusquement, si elles ne dérivent pas vers une fermentation putride ou vers la carbonisation des tissus, si les matériaux de l'albumen ou des cotylédons se résolvent à propos et convenablement, la jeune plante grandit. Sa nutrition avait été entravée, presque suspendue ; elle ne l'est plus. Voilà tout le secret. Ce phénomène paraît donc plus facile à comprendre d'après les lois ordinaires de la matière que beaucoup d'autres de la vie végétale et animale, quoique sans doute il soit encore très-compliqué et en partie mal connu.

BULLETIN SCIENTIFIQUE.

PHYSIQUE.

G. MAGNUS. SUR LES PROPRIÉTÉS DIFFÉRENTES DE LA CHALEUR ÉMISE PAR DES SURFACES POLIES ET RABOTEUSES. (*Annales de Poggendorff*, vol. CXXIV, et *Philosophical Magazine*, août 1865.)

Leslie a le premier démontré que les métaux à surface raboteuse émettent une plus grande quantité de chaleur que lorsque cette surface est brillante et polie, mais la différence entre le rayonnement, à température constante, d'un seul et même corps muni de surfaces différentes, a été jusqu'ici très-peu étudiée. Melloni et Knoblauch ont montré que l'accroissement dans le rayonnement n'est pas dû, comme on aurait pu le croire, à la quantité de points différents que présente une substance dépolie, mais bien plutôt à la diminution de densité que subit le plus souvent cette substance lorsqu'elle est rendue raboteuse. L'auteur lui-même a eu récemment l'occasion de confirmer ce que d'autres physiciens avaient déjà remarqué, savoir, que l'accroissement dans le rayonnement doit être attribué à l'une et à l'autre de ces causes; ou en d'autres termes, à l'état de plus grande subdivision de la surface raboteuse tout autant qu'à la diminution de densité qui en est la conséquence.

M. Magnus, dans les nouvelles recherches qu'il vient d'entreprendre à ce sujet, s'est posé la question suivante : Le rayonnement plus abondant des surfaces raboteuses dépend-il du fait que, dans ce cas, la chaleur est émise par un plus grand nombre

de points différents, ou bien de ce que l'intensité de chaque rayon individuel est plus considérable ? En d'autres termes, l'amplitude d'oscillation des particules est-elle plus grande chez les corps à surface raboteuse? Les rayons émis par les deux espèces de surfaces sont-ils de même couleur calorique ou de couleur différente ? Une observation communiquée par l'auteur en août 1864 à l'Académie de Berlin, d'après laquelle un fil de platine, chauffé à la flamme d'une lampe à gaz de Bunsen, rayonnerait deux fois plus de chaleur que lorsque ce fil est recouvert d'éponge de platine, lui a fourni un point de départ pour arriver à la solution de ces questions.

De la transmission à travers différents milieux de la chaleur émise par du platine à surface polie et raboteuse. — Il est évident que si les rayons de chaleur émis par l'une et l'autre surface étaient de même longueur d'onde et de même intensité, la chaleur plus grande provenant de la surface raboteuse ne pourrait être attribuée qu'à l'existence d'un plus grand nombre de particules par lesquelles les rayons auraient pu s'échapper. Dans ce cas, si les rayons en question étaient transmis à travers des milieux de qualité différente, la quantité de chaleur absorbée resterait toujours dans la même proportion relative. Si, au contraire, les rayons émis par la surface raboteuse avaient une longueur d'onde différente des rayons émis par la surface polie, on serait fondé à en conclure que, parmi les milieux différents au travers desquels ils pourraient être transmis, il s'en trouverait probablement qui seraient de nature à absorber une plus grande proportion de ces nouveaux rayons que des premiers. La question revient donc à examiner et à comparer les phénomènes qui accompagnent la transmission au travers de milieux différents des rayons émis par les deux espèces de surface.

Il était indispensable pour la réussite de ces expériences que les deux surfaces employées eussent exactement la même étendue. Pour s'en assurer, deux disques circulaires de 10 millimètres de diamètre ont été détachés, au moyen d'un emporte-pièce, d'une

même feuille de platine de l'épaisseur de 0,3 millimètre. Chacun de ces disques est fixé, par le moyen de trois fils de platine très-fins, à un support construit de façon à ce qu'ils puissent être transportés, l'un après l'autre, dans la même portion de la flamme, maintenue très-constante, d'une lampe à gaz de Bunsen. Le disque de platine ainsi chauffé est placé parallèlement à la surface antérieure de la pile thermo-électrique, à une distance de 280 millimètres, et de manière que le centre du disque se trouve précisément en ligne droite avec l'axe de la pile. Entre deux est placé un écran muni d'un diaphragme d'un diamètre égal à celui du disque, au travers duquel les rayons doivent passer pour arriver à la surface de la pile. Pour s'assurer que les rayons perpendiculaires puissent seuls tomber sur cette surface, l'auteur place, à une petite distance de la pile, un second écran muni d'une ouverture de même diamètre que la surface de celle-ci. La pile elle-même est placée dans une grande caisse en carton n'ayant d'autre ouverture que celle du diaphragme mentionné ci-dessus. Sa surface antérieure a la forme d'un carré, dont le côté, long de 13 millimètres, ne dépasse que légèrement le diamètre du disque. La surface postérieure de la pile reste garnie de son couvercle en laiton, et, pour la mettre encore mieux à l'abri de tout changement de température, on l'entoure d'une couche épaisse de coton de laine. Toutes les précautions étaient d'ailleurs prises pour maintenir invariable la température de la chambre dans laquelle les expériences avaient lieu.

L'auteur substitua à son galvanomètre à deux miroirs d'acier presque astatiques, décrit dans un mémoire précédent [1], un galvanomètre beaucoup plus sensible d'une construction différente, muni de deux aiguilles aimantées et d'un miroir en verre argenté, et ajusté au-dessous des aiguilles au moyen du prolongement de la petite tringle qui les réunit. On a commencé par soumettre à l'expérience les deux disques de platine, ayant l'un et l'autre une surface polie, afin de reconnaître si dans ces con-

[1] Voyez *Philosophical Magazine*, volume XXVI, page 23.

ditions ils envoyaient à la pile des quantités de chaleur égales. Lorsque cela était le cas, il devenait évident qu'ils occupaient l'un et l'autre la même position, qu'ils étaient convenablement ajustés, et que la flamme restait constante. On a appliqué alors sur l'un des deux disques une couche uniforme d'éponge de platine, laquelle a pour effet, comme on le sait déjà, de doubler le pouvoir émissif. Des plaques de substances différentes ayant été ensuite interposées entre la source de chaleur et la pile, en les ajustant en face du diaphragme déjà mentionné, on a noté avec soin les déviations du galvanomètre dues aux rayons transmis à travers chacune de ces substances, soit dans le cas du disque poli, soit dans celui où il était recouvert d'éponge de platine, disque auquel l'auteur, pour abréger, a donné le nom de disque *platinisé*. Les substances, qui ont été successivement interposées, étaient le sel gemme, le spath calcaire, la topaze enfumée (smoky topaz), l'agathe, le plate-glass et le flint-glass, chaque disque ayant une épaisseur de 6 à 7 millimètres. On a soumis à la même épreuve des disques de verre rouge, orangé, vert, bleu et violet, et aussi du verre blanc, soit poli, soit à l'état dépoli, de l'épaisseur d'environ 2 millimètres. Le résultat de ces expériences a été, que dans un assez grand nombre de cas la proportion des rayons de chaleur absorbée, par suite de l'interposition successive des plaques de substances différentes, s'est trouvée la même pour l'une et l'autre source calorifique ; de sorte que si l'on désigne par I la déviation du galvanomètre due à la radiation directe du disque de platine poli, et par i cette déviation lorsque la radiation du disque poli était interceptée par l'une des substances mentionnées ci-dessus ; si de plus, l'on représente par I' et i' les déviations correspondantes lorsque on employait comme source de chaleur le disque platinisé, on aura $\frac{i}{I} = \frac{i'}{I'}$ Dans plusieurs cas, cependant, $\frac{i}{I}$ a été trouvé plus grand que $\frac{i'}{I'}$, mais la différence n'a jamais été considérable, sauf dans un seul cas, celui de l'alun. En effet, lorsqu'on interposait une plaque de cette

dernière substance, la proportion des rayons interceptés a été complétement modifiée, à tel point que dans ce cas, la quantité totale de chaleur provenant du disque platinisé n'a pas sensiblement dépassé celle émise par le disque à surface polie. Le même résultat a été obtenu en faisant varier l'épaisseur des plaques d'alun depuis 1,5 millimètre à 9,5 millimètres. Toujours $\frac{i}{I}$ s'est trouvé plus grand que $\frac{i'}{I'}$, et quoique la quantité totale de chaleur transmise variât beaucoup suivant l'épaisseur de la plaque interposé, celle provenant de chacun des deux disques de platine restait sensiblement identique. Il en a été à peu près de même en substituant à des plaques d'alun des plaques de copal d'épaisseur différente; $\frac{i}{I}$ différait toujours beaucoup de $\frac{i'}{I'}$; seulement dans ce cas, les quantités absolues de chaleur provenant du disque poli et du disque platinisé n'étaient pas aussi rapprochées de l'égalité que dans le cas de l'alun.

Puisque, dans le cas de l'alun et du copal, la proportion de chaleur provenant des deux disques incandescents, et qui est absorbée par les plaques interposées, n'est pas la même, il faut en conclure, ou que le disque platinisé émet des rayons de couleur différente de ceux émis par le disque poli, ou bien que l'accroissement dans l'intensité de la radiation dû à la platinisation n'affecte pas toutes les couleurs dans la même proportion; ou bien, enfin, que l'un et l'autre de ces effets sont produits simultanément, et que, non-seulement il y a émission de rayons de chaleur de couleur nouvelle, mais aussi que l'intensité de quelques-uns des rayons émis par le disque poli est accrue plus que celle d'autres rayons, par l'effet de la platinisation. Lequel de ces effets est celui qui est réellement produit ne peut être décidé par des expériences de la nature de celles qui précèdent. En admettant qu'il ne se produit pas de rayons d'une longueur d'onde différente de ceux qui existent déjà, on pourrait induire du fait que l'alun transmet des quantités à peu près égales de chaleur provenant de l'une et de

l'autre source, que l'intensité des rayons capables de traverser l'alun n'est que peu ou point accrue, et partant, que cet accroissement d'intensité a lieu principalement pour les rayons d'autre couleur.

Observations prismatiques. — M. Magnus a recours ensuite à l'analyse prismatique, dans l'espoir de jeter encore quelque jour sur ce sujet. Il s'est servi dans ce but de prismes de sel gemme, et dans quelques cas, de lentilles de cette même substance, afin d'obtenir une séparation encore plus complète des rayons. Comme source de chaleur, il a employé des petites bandes de platine longues de 33 millimètres et larges de 3 millimètres, fixées verticalement, comme l'avaient été les disques, dans un appareil destiné à les placer successivement dans la même portion de la flamme d'une lampe à gaz de Bunsen. Pour faire en sorte que les rayons tombassent perpendiculairement sur le prisme, plusieurs diaphragmes ont été disposés les uns derrière les autres. Le premier était placé à une distance de 60 millimètres de la bande incandescente, sur le côté d'une grande caisse d'un mètre de long sur un demi-mètre de haut, et de largeur égale ; la longueur de ce diaphragme était égale à celle de la bande de platine et sa largeur un peu moindre. Un second diaphragme de même grandeur était ajusté dans l'intérieur de la caisse à une distance de 100 millimètres du premier, et immédiatement en arrière de ce diaphragme se trouvait le prisme de sel gemme. Une pile thermo-électrique linéaire, munie d'une fente large seulement de 0,5 millimètre, était destinée à examiner les différentes parties du spectre produit.

Après avoir d'abord éloigné le prisme, l'auteur commence par recevoir sur un écran blanc les rayons lumineux provenant de la bande incandescente, et qui ont passé par les deux diaphragmes. Il a pu s'assurer par ce moyen que la bande incandescente et les deux diaphragmes se trouvaient dans le même plan, et aussi en faisant l'épreuve des deux bandes l'une après l'autre, qu'elles occupaient bien exactement la même position. On ramène alors à

sa place le prisme, et on détermine l'effet calori duit sur les différentes parties du spectre au moyen thermo-électrique, dont on peut faire varier la position d'un mécanisme particulier pratiqué dans le côté de Après avoir vérifié que l'effet des deux bandes inca était identique, lorsque celles-ci avaient l'une et l'autı face polie, on recouvre l'une d'elles d'éponge de plati observe de nouveau les effets calorifiques produits su rentes portions du spectre, la pile étant maintenue dan position que précédemment. Pour plus de clarté, l'aut biné graphiquement sous la forme de courbes les résulta de telle sorte que les coordonnées et les abscisses de c représentassent la distribution de la chaleur dans le sp pour le cas du disque poli, soit pour celui du disque Dans une seconde série d'expériences, et afin d'obten ration encore plus complète des rayons de couleur diff Magnus a ajouté à l'appareil précédent une lentille en s placée dans l'intérieur de la caisse et éloignée de la f quée dans le côté de celle-ci d'un espace égal à sa d cale, de façon à rendre parallèles les rayons incid prisme placé derrière elle. En arrière de ce prisme seconde lentille, au foyer de laquelle se formait le spe portion colorée visible n'était large que de 4 à 5 m Pour en étudier les différentes parties, l'auteur s'est pile linéaire munie d'une fente de 0,5 millimètre, en tant, comme précédemment, les résultats obtenus sou de courbes.

Conclusions. — Un examen attentif de ces différent indique que le maximum de l'effet calorifique tombe s obscure du spectre, c'est-à-dire, au delà du rouge, et les courbes à peu près au même point. Ce maximum deux fois plus grand dans le cas du disque platinis celui du disque poli. Dans tous les cas, l'accroissemen tion provenant du disque platinisé a lieu principalem

partie non lumineuse du spectre ; dans la partie colorée de celui-ci, la chaleur due à la bande platinisée ne dépasse que très-légèrement celle produite par la bande polie. Il s'en suit que les longueurs d'onde, dont l'intensité est accrue par la platinisation sont surtout celles qui se trouvent au delà du rouge. Ces longueurs d'onde sont aussi les plus intenses parmi celles qui sont émises par le platine poli, et même par les corps polis en général. L'auteur, à la suite d'autres détails pour lesquels nous sommes forcés de renvoyer au mémoire original, résume comme suit les conclusions auxquelles il est arrivé : « 1° L'accroissement dans la radiation, à température égale, d'un disque de platine dont la surface a été rendue raboteuse, ne résulte pas d'un accroissement *uniforme* dans l'intensité de tous les rayons qu'émet ce disque. Les rayons dont l'intensité est augmentée dans la plus forte proportion sont ceux qui se trouvent dans la partie rouge du spectre et dans le voisinage de cette partie rouge du côté obscur. 2° Lorsqu'on change la nature de la surface d'un disque de platine de façon à la rendre raboteuse, les amplitudes des oscillations sont modifiées, mais non pas leurs vitesses. »

Une diminution dans l'intensité de la lumière peut accompagner un accroissement de la radiation calorifique. — Il y a lieu de s'étonner au premier abord, ainsi que le remarque l'auteur, que le disque platinisé qui émet presque deux fois autant de chaleur que le disque poli, a paru constamment émettre une lumière d'une intensité moindre que ce dernier ; de même, le spectre du platine platinisé a paru toujours moins lumineux que celui du platine poli. Il est vrai que, comme soit la masse soit le volume de la bande de platine sont accrus par la platinisation, on pourrait en déduire que sa température devrait être moins élevée ; mais ce qui prouve l'insuffisance de cette explication, c'est que, quand on augmente l'épaisseur de la bande polie, soit d'une manière uniforme, soit sur certaines portions de sa surface seulement, l'intensité de la lumière émise dans ce cas n'est pas inférieure à celle émise par la portion de la surface dont l'épaisseur n'a pas été

changée. De même, la quantité de chaleur rayonnante provenant d'une bande épaisse de platine est la même que celle émise par une bande plus mince. L'auteur a aussi remarqué que si une bande mince de platine, ayant ses deux faces polies, est recouverte sur l'une d'elles d'une couche d'éponge de platine, la face restée polie rayonnera moins de chaleur qu'auparavant, et que, si une bande déjà platinisée sur l'une de ses faces est recouverte sur l'autre d'éponge de platine, la radiation de la première face en sera diminuée. Ce fait ne peut s'expliquer qu'en admettant que la bande, bien qu'elle soit complétement environnée par la flamme, accuse néanmoins, par suite de l'accroissement de son rayonnement, une température un peu moins élevée à sa surface extérieure. Il y aurait là une sorte de transformation de chaleur en lumière, en tant que par suite de l'accroissement du rayonnement, la température de la surface rayonnante diminuerait, et partant, l'intensité de la lumière.

Comparaison des spectres de flammes lumineuses et non lumineuses. — L'auteur a déjà eu l'occasion de remarquer [1], qu'une flamme rendue lumineuse par l'addition d'une petite quantité de soude ne paraît pas émettre une plus grande quantité de chaleur qu'avant d'être devenue lumineuse. Ce fait pourrait, il est vrai, être attribué à une diminution dans l'intensité des rayons calorifiques proportionnée à l'augmentation de l'intensité des rayons lumineux. Pour déterminer avec certitude les rapports entre eux des rayons non lumineux émis par les deux espèces de flamme, M. Magnus a comparé les spectres calorifiques de ces flammes, et les a trouvés sensiblement identiques dans toute leur étendue. Il va sans dire que les précautions nécessaires avaient été prises pour empêcher les rayons provenant de la soude solide, ou liquide, ou du fil de platine qui lui sert de support, de tomber sur la pile. Il faut aussi avoir soin que l'étendue de la surface rayonnante soit la même pour les deux espèces de

[1] *Mémoires de l'Académie de Berlin*, 1864, p. 594, et *Philosophical Magazine*, vol. XXIX, p. 59.

flamme. En effet, l'introduction de la soude modifie l'étendue et la forme de la flamme, de telle sorte que si l'on permettait à chacune des deux flammes de rayonner tout entière dans le réflecteur conique de la pile, il arriverait sur ce réflecteur un plus grand nombre de rayons calorifiques de la flamme lumineuse que de la flamme non lumineuse à cause de la plus grande surface de celle-ci, lors même que la quantité de chaleur ne serait pas accrue. La même observation s'applique à une flamme rendue lumineuse par l'addition d'un peu de carbone; dans ce cas aussi les spectres calorifiques de portions égales de la flamme lumineuse et non lumineuse ont paru parfaitement identiques.

Au premier abord, il peut paraître singulier qu'avec une différence si grande dans les pouvoirs éclairants, les propriétés calorifiques ne subissent aucun changement; d'autant plus qu'on n'ignore pas que les particules solides de soude ou de carbone, qui donnent à la flamme ses propriétés lumineuses, rayonnent plus de chaleur que les particules gazeuses. Mais quand on se rappelle qu'il suffit d'un très-petit nombre de particules de ces substances pour communiquer à la flamme l'éclat qu'elle acquiert; que de plus, ces particules se renouvellent sans cesse et qu'elles puisent nécessairement leur chaleur dans la flamme même, on s'étonne moins que la différence entre les quantités de chaleur émises par chacune des deux flammes soit assez faible pour échapper à l'observation. L'accroissement extraordinaire dans le rayonnement de la lumière dû à la présence de ces mêmes particules n'en reste pas moins un fait remarquable.

MINÉRALOGIE. GÉOLOGIE.

P. DE LORIOL et A. JACCARD. ÉTUDE GÉOLOGIQUE ET PALÉONTOLOGIQUE DE LA FORMATION D'EAU DOUCE INFRACRÉTACÉE DU JURA ET EN PARTICULIER DE VILLERS-LE-LAC (*Mémoires de la Société de physique et d'histoire naturelle de Genève*, 1865, t. XVIII).

Les roches qui appartiennent au terrain nommé successivement wealdien, purbeckien, dubisien ou marnes de Villars, etc., se

montrent dans toute l'étendue du Jura, sans cependant dépasser la latitude de Bienne ; elles se trouvent placées entre les roches jurassiques et les roches crétacées. Elles renferment, en général, peu de fossiles ; cependant M. Jaccard a pu, avec une patience inouïe, en retirer bon nombre de corps organisés à Villers-le-Lac, vallon arrosé par le Doubs en aval de Morteau. Ce savant s'est chargé de la partie géologique de ce travail, tandis que M. de Loriol en a fait la paléontologie. Le terrain de Purbeck du Jura est constitué de la manière suivante :

1° Le groupe nommé calcaire d'eau douce est au-dessous de l'étage valangien, il est formé d'une couche d'oolite, grenue, schisteuse, de 0m,50. Les feuillets minces sont séparés par des couches marneuses renfermant des corbules et des cérithes. Ce groupe est superposé aux marnes et calcaires avec graines de Chara. Dans les éboulements on peut recueillir des physes, des planorbes, etc. Les roches de cet étage contiennent de petits fragments de calcaire noir.

2° Au-dessous on observe un groupe de marnes à gypse auquel la présence ou l'absence du gypse, ainsi que l'apparence des argiles donne un aspect variable. Il renferme à la partie supérieure un banc de calcaire cloisonné qu'il ne faut pas confondre avec les calcaires celluleux des dolomies portlandiennes. Le gypse ne se voit pas à Villers-le-Lac. Ce banc recouvre 3 mètres de marnes contenant des cristaux de quartz bipyramidés.

3° Le groupe des dolomies portlandiennes est formé de roches diverses et renferme une couche de calcaire blanc avec empreintes de test d'acéphales. Il appartient encore au terrain de Purbeck et repose sur le calcaire portlandien qui comprend ici toutes les couches placées au-dessus de celles caractérisées par l'*Ostrea virgula*, équivalent probable de l'étage kimméridien des Anglais. Ce puissant massif portlandien renferme des poissons, des reptiles, ainsi que la *Trigonia gibbosa*, la *Nerinea subpyramidalis*, etc. Telle est la composition de ce terrain qui est donnée d'une manière bien plus détaillée encore dans diverses coupes relevées par M. Jaccard.

M. de Loriol en décrivant près d'une trentaine d'espèces fossiles de ce terrain, l'a parfaitement caractérisé. M. Forbes, en Angleterre, s'en était occupé ; il en avait nommé quelques-unes, mais il ne les avait ni décrites ni figurées, de sorte qu'on se rendait difficilement compte de ce que ces noms représentaient. Grâce à l'obligeance de MM. Bristow et Osmond Fisher, M. de Loriol a pu se procurer quelques-unes des espèces signalées par Forbes, il les a comparées à celles de Villers-le-Lac, ce qui donne à son travail un grand intérêt. MM. Renevier, Gilliéron et Lory ont également fourni des matériaux à ses descriptions. Les principales espèces appartiennent aux genres Cypris, Bithinia, Cerithium, Corbula, Cyrène, Nucule, Paludine, Physe, Planorbe, Chara, etc.

M. de Loriol résume les recherches faites sur ce grand dépôt d'eau douce qui est venu interrompre la série des formations marines dans une grande partie de l'Europe. Il compare les résultats qu'il a obtenus avec ceux qui ont été fournis par des études analogues faites en Angleterre, en Allemagne et en France. C'est dans le premier de ces pays que, dès 1702, on avait soupçonné la présence de ce terrain. En Allemagne, surtout dans le Hanovre, il a plus de 2000 pieds de puissance et il renferme des argiles bigarrées, des dolomies, des gypses et du sel. En France on l'a retrouvé dans le Boulonnais, la Charente, la Haute-Marne, dans presque toute la chaîne du Jura, etc.

Le mémoire de MM. Jaccard et de Loriol est un utile complément géologique et paléontologique de la série des travaux qui ont été publiés sur ce terrain, trop nombreux pour être rappelés ici. L'un des résultats les plus inattendus de ce mémoire est de faire ranger dans la formation d'eau douce, ce qui avait été nommé jusqu'à présent les dolomies portlandiennes du Jura, roches qui souvent ressemblent aux cargneules triasiques. M. de Loriol termine cette étude par les conclusions suivantes :

« 1°. Les dolomies portlandiennes du Jura sont l'équivalent du Plattenkalk du Hanovre, des calcaires à plaquettes des Charentes, des calcaires gris-verdâtres inférieurs et oolithes vacuolaires de

M. Cornuel ; elles n'appartiennent pas au portlandien, et forment la base du groupe purbeckien.

« 2° Les calcaires et marnes d'eau douce de Villers et du Jura sont l'équivalent du « Mündener Mergel » et du « Serpulit » du Hanovre, et des argiles gypsifères de la Charente.

« 3° Il est certain que la formation d'eau douce infracrétacée de Villers et du Jura est l'équivalent des « Purbecks beds » d'Angleterre, dont ils représenteraient la partie moyenne et la partie inférieure.

« 4° Il n'y a aucune discordance de stratification soit entre les couches du Purbeck et les *calcaires marins jurassiques supérieurs*, soit entre les couches du Purbeck et les *premières couches crétacées*.

« Pendant et après le dépôt des couches du portlandien ou de la zone à *Trigonia gibbosa*, une vaste étendue d'eau douce a couvert une partie de l'Europe ; elle a formé des dépôts d'une très-grande puissance en Angleterre, et surtout dans le nord de l'Allemagne où ils atteignent leur maximum, tandis que dans le Jura nous les voyons à leur minimum d'épaisseur. Au Salève ils n'existent déjà plus ; M. Favre et moi les y avons vainement recherchés. En Angleterre et en Allemagne ces dépôts d'eau douce continuèrent à se former, alors que les habitants de la mer avaient entièrement changé, que dans le Jura la riche faune du valangien avait remplacé celle de la mer portlandienne, et que la surface émergée pour un temps était de nouveau recouverte par les flots de l'Océan. »

ZOOLOGIE, ANATOMIE ET PALÉONTOLOGIE.

GAETANO GIORGIO GEMELLARO. NERINEE DELLA CIACA DEI DINTORNI DI PALERMO.—Le même. CAPRINELLIDI DELLA ZONA SUPERIORE DELLA CIACA DEI DINTORNI DI PALERMO. Palerme, 1865. 2 brochures, 4°.

M. G.-G. Gemellaro, professeur de géologie à l'université de Palerme, vient de publier deux cahiers contenant la description et la figure de plusieurs espèces nouvelles.

Le calcaire de Palerme, dit *Ciaca*, appartient à la formation crétacée et peut se diviser en deux zones, dont la supérieure est caractérisée par la *Caprina Aguilloni*, d'Orb. (turonien), et l'inférieure par la *Nerinea Lamarmoræ*, Meneghini. Les Caprinellides décrites par M. Gemellaro appartiennent exclusivement au premier de ces étages; les Nérinées ont été recueillies dans les deux.

L'étage inférieur est particulièrement riche en Nérinées; l'auteur en décrit 25 espèces, dont 23 nouvelles. Elles sont très-variées dans leurs formes générales et dans les dents de leur bouche. L'étage supérieur a fourni 8 Nérinées, dont 5 nouvelles.

Sous le nom de *Caprinellidi*, M. Gemellaro comprend les *Caprina* (3 espèces dont 2 nouvelles), les *Caprinella* (5 espèces nouvelles), les *Caprotina* (une espèce nouvelle), et un genre nouveau, les *Sphærucaprina* (une espèce nouvelle).

Dans ces deux monographies, les descriptions et les figures nous paraissent claires et bien faites.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A L'OBSERVATOIRE DE GENÈVE

sous la direction de

M. le Prof. E. PLANTAMOUR

PENDANT LE MOIS D'OCTOBRE 1865.

Le 1, 2, 3, 4, forte rosée le matin ; le 2, couronne lunaire dans la soirée.

6, couronne lunaire dans la soirée.

9, brouillard le matin.

11, le soir. éelairs au SO. et à l'Ouest.

13, le soir, éclairs au SE. et à l'Est.

15, toute la soirée éclairs à l'Est et au Sud-Est.

17, brouillard le matin jusqu'un peu après 6 heures.

18, éclairs au SE.

19, première neige de la saison sur le grand Salève, le Môle et le Jura ; sur le grand Salève la neige disparaît dans la journée, sur le Môle et sur le Jura au bout de deux jours.

22, éclairs et tonnerres depuis 5 h. 5 m. du soir à 8 h. 15 m. ; cet orage est accompagné d'une forte pluie qui dure sans interruption pendant 15 heures, dans lesquelles il est tombé 65^{mm},4.

27, quelques coups de tonnerre du côté du Sud entre 2 h 15 m. et 3 h.

29, il a neigé de nouveau sur les montagnes des environs jusqu'à la hauteur du grand Salève ; sur cette dernière montagne la neige disparaît dans la journée. Couronne lunaire dans la soirée.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.

MAXIMUM.	mm	MINIMUM.	mm
		Le 1, à 4 h. après-m.	724,58
Le 4, à 8 h. matin ...	730,99	9, à 5 h. après-m.	714,54
12, à 8 h. matin ...	724,24	13, à 5 h. après-m.	718,57
16, à 10 h. matin ...	727,96	18, à 8 h. soir...	707,83
21, à 10 h. matin ...	725,26	22, à 3 h, après-m.	716,81
26, à 8 h. matin ...	728,60	28, à 8 h. 45 matin	712,33
29, à 8 h. matin ...	725,79	30, à 4 h. après-m.	718,95

GENÈVE. — OCTOBRE 1865.

Jours du mois.	Baromètre. Hauteur moy. des 24 h.	Baromètre. Écart avec la hauteur normale.	Température C. Moyenne des 24 heures.	Température C. Écart avec la temp. normale.	Température C. Minim.	Température C. Maxim.	Tension de la vap. Moy. des 24 h	Tension de la vap. Écart avec la tension normale.	Fract. de saturation en millièmes. Moy. des 24 h.	Fract. de saturation en millièmes. Écart avec la fraction norm.	Fract. de saturation en millièmes. Minimum.	Fract. de saturation en millièmes. Maximum.	Pluie ou neige. Eau tomb. d. les 24 h.	Pluie ou neige. Nomb. d'h.	Vent dominant.	Clarté moy. du Ciel.	Temp. du Rhône. Midi.	Temp. du Rhône. Écart avec la temp. normale.	Limnimètre à midi
	millim.	millim.	o	o	o	o	mm	mm					mm				o		pouces
1	725,96	— 0,61	+13,90	+1 72	+ 8 0	+20,0	8,64	—0,04	745	— 76	490	970	...	..	SSO. 1	0,14	...	.....	57,7
2	725,97	— 0,57	+14,63	+2,61	+ 8.7	+21.6	8.42	—0,19	695	—128	430	980	..	.	variable	0,40	18,9	+ 3,5	57,3
3	728,77	+ 2,25	+14,39	+2,53	+ 7.0	+21,0	8,36	—0,18	687	—137	510	980	...	..	variable	0,09	18.9	+ 3,6	56,0
4	729,70	+ 3,21	+13,66	+1,96	+ 6.8	+19.4	7,72	—0.75	668	—158	520	950	...	..	N. 1	0,01	18,7	+ 3,5	55,0
5	726,39	— 0,07	+10,20	—1,33	+ 7,4	+14,6	5.03	—3,37	558	—269	480	710	. .	..	N. 1	0,21	18,0	+ 2,9	54,0
6	726,00	— 0,44	+ 9,48	—1,89	+ 4,8	+14,4	6,51	—1,82	736	— 93	600	880	...	..	N. 1	0.49	17,7	+ 2,7	53,0
7	726,02	— 0.40	+10,27	—0.93	+ 3,8	+16,9	7,25	—1,01	770	— 61	550	950	...	.	variable	0,11	17,9	+ 3,1	52,0
8	721.18	— 5 22	+10,40	—0,64	+ 4,8	+14,6	8,91	+0,72	919	+ 87	780	970	3.0	7	S. 1	0,93	...	.....	51,0
9	715,94	—10,44	+11,82	+0,94	+ 9.5	+14.5	9.99	+1.87	959	+125	850	990	6,6	6	variable	1,00	17.8	+ 3.2	50.0
10	717,13	— 9,23	+14.30	+3 59	+11,4	+19,2	8,59	+0,54	719	—116	440	920	...	..	SSO. 1	0,62	17,7	+ 3,2	49,0
11	721,06	— 5,28	+13.15	+2,61	+11.6	+16,2	8,78	+0,80	790	— 46	650	820	0,9	4	SSO. 2	0,94	16,1	+ 1,7	47,5
12	723,41	— 2.91	+12,68	+2.31	+ 8.8	+18,8	7.64	—0,26	724	—113	500	920	...	..	SSO. 1	0,27	13,9	— 0,3	46.3
13	719,68	— 6,63	+ 9,99	—0,21	+ 4,5	+14.2	8,03	+0,21	860	+ 22	640	980	..	..	variable	0,72	13,6	— 0,5	45.7
14	723,26	— 3.03	+ 9,46	—0,57	+ 8 6	+11.8	8,24	+0,49	946	+107	880	960	8,6	13	SO. 1	0.91	13.5	— 0,5	45,0
15	726,59	+ 0,31	+ 9.05	—0.81	+ 3,2	+16,1	7,37	—0.30	847	+ 7	630	1000	...	.	SSO. 1	0,49	...	.....	44 3
16	727,16	+ 0,89	+ 8.67	—1,02	+ 3,8	+14,0	7,24	—0,36	860	+ 19	630	980	...	.	variable	0,41	15,8	+ 2,1	43,7
17	720,38	— 5,88	+ 9,64	+0.12	+ 2.1	+16,9	6,62	—0,90	748	— 94	450	1000	...	..	SSO. 1	0.63	15 7	+ 2,1	42,8
18	710.92	—15,33	+10 85	+1.50	+ 8.7	+14,1	7,42	—0,02	780	— 63	610	900	...	.	N. 1	0.89	15,6	+ 2,1	41,7
19	712,68	—13,56	+ 9,21	+0,03	+ 6,4	+14,7	6.35	—1,02	745	— 99	550	840	9,7	10	SSO. 3	0.82	15,4	+ 2,0	40,5
20	718,84	— 7,39	+10,66	+1,65	+ 8,0	+14.0	6,80	—0,49	715	—129	590	790	0,9	5	SSO. 1	0,92	13,2	0,0	39,5
21	724,29	— 1,93	+11.59	+2.75	+ 7,9	+17,0	7,50	+0,28	748	— 97	470	880	...	..	OSO. 2	0,27	8,9	— 4,2	38,5
22	718.90	— 7,31	+ 9,83	+1,17	+ 6.0	+13,4	8,66	+1,52	947	+102	780	1000	66,6	19	variable	0,94	..	.....	38,3
23	721,05	— 5,16	+ 9,57	+1,08	+ 7,4	+14.6	7,89	+0.83	895	+ 49	710	1000	2,1	3	variable	0,81	12,6	— 0,2	40,0
24	725,85	— 0,36	+10,97	+2.66	+ 9.4	+13 8	7.42	+0,43	775	— 71	650	810	3,7	4	SSO. 2	0,93	12,4	— 0,3	40,0
25	725,01	— 1,19	+12.96	+4,82	+10,3	+17,4	7,18	+0,27	655	—192	490	750	1,0	3	SSO. 2	0,89	12,8	+ 0,2	40,2
26	726,95	+ 0,75	+10,32	+2,36	+ 4,5	+15,0	6,18	—0,65	674	—173	480	860	.	..	SSO. 1	0,52	12,0	— 0,5	40,0
27	716,91	— 9.28	+ 9,63	+1,84	+ 7,3	+13,4	7,34	+0,59	835	— 13	640	900	21,2	14	SSO. 2	0,93	8,0	— 4,3	40,0
28	716,05	—10,14	+ 7,89	+0,27	+ 6,3	+11,0	6,36	—0.31	819	— 29	690	900	6,4	16	SSO. 2	0,93	6,9	— 5.3	40,2
29	725,03	— 1,16	+ 6,16	—1.28	+ 1,6	+10,3	5.50	—1,10	776	— 72	610	920	. .	..	S. 1	0,68	...	....	41,8
30	720.56	— 5,64	+12,08	+4,81	+ 8,2	+17,5	7.17	+0,65	700	—148	440	890	15,3	12	SO. 2	0,83	9.9	— 2.0	42,0
31	722.51	— 3,69	+ 8,30	+1,20	+ 7,0	+11,0	6.83	+0 38	846	— 3	680	910	...	..	N. 1	0,86	9,2	— 2.6	42,5

MOYENNES DU MOIS D'OCTOBRE 1865.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h. s.
					Baromètre.				
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade,	724,95	725,18	725,02	724,37	723,63	723,19	723,41	723,96	724,18
2e »	720,38	720,82	720,86	720,42	719,90	719,84	720,20	720,61	720,91
3e »	721,97	722,16	722,31	722,03	721,57	721,80	722,47	722,84	723,00
Mois	722,42	722,70	722,72	722,26	721,69	721,62	722,04	722,48	722,71
					Température.				
	°	°	°	°	°	°	°	°	°
1re décade	+ 8,05	+10,49	+13,58	+15,64	+16,89	+16,69	+14,58	+12,60	+10,97
2e »	+ 7,36	+ 8,77	+11,93	+13,46	+13,95	+13,38	+11,84	+10,26	+ 9,54
3e »	+ 8,41	+ 8,92	+11,38	+12,49	+13,18	+11,93	+10,23	+ 9,85	+ 9,55
Mois	+ 7,95	+ 9,38	+12,25	+13,82	+14,63	+13,93	+12,15	+10,87	+10,01
					Tension de la vapeur.				
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade,	7,27	7,88	8,46	8,32	8,14	8,29	8,21	8,09	7,98
2e »	6,77	7,27	7,72	7,96	7,59	7,73	7,79	7,91	7,48
3e »	7,08	7,21	7,51	7,43	6,97	7,22	7,45	7,15	7,00
Mois	7,04	7,45	7,88	7,89	7,55	7,73	7,81	7,70	7,47
					Fraction de saturation en millièmes.				
1re décade,	896	823	726	631	572	596	670	747	812
2e »	884	864	753	703	646	682	753	845	846
3e »	856	842	754	695	626	699	794	794	796
Mois	878	843	745	677	615	660	741	795	817

	Therm. min.	Therm. max.	Clarté moyenne du Ciel.	Température du Rhône.	Eau de pluie ou de neige.	Limnimètre.
	°	°		°	mm	p.
1re décade,	+ 7,22	+17,62	0,40	18,20	9,6	53,50
2e »	+ 6,57	+15,08	0,70	14,76	20,1	43,70
3e »	+ 6,90	+14,04	0,78	10,30	116,3	40,32
Mois	+ 6,90	+15,53	0,63	14,27	146,0	45,66

Dans ce mois, l'air a été calme 2 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui 0,29 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est S. 33°,7 O. et son intensité est égale à 55,3 sur 100.

TABLEAU

DES

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AU SAINT-BERNARD

pendant

LE MOIS D'OCTOBRE 1865.

Dans la nuit du 19 au 20 le lac s'est entièrement couvert de glace.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.

MAXIMUM.	mm	MINIMUM.	mm
Le 4, à 8 h. matin...	569,82	Le 1, à 4 h. après m.	565,78
7, à midi..........	565,67	6, à 6 h. matin ..	563.09
12, à 10 h. matin . .	562,76	10, à 6 h. matin. .	557,35
16, à 10 h. matin...	564,74	14, à 6 h. matin ..	558,88
21, à 8 h. soir....	564,53	19, à 6 h. matin ..	550,01
26. à midi.........	564,62	23, à 6 h. matin ..	557,94
29, à 8 h. soir....	563,34	28, à 10 h. matin ..	552,71
		31, à 8 h. matin ..	559.83

SAINT-BERNARD. — OCTOBRE 1865.

Jours du mois.	Baromètre.				Température, C.				Pluie ou neige.			Vent	Clarté moy. du Ciel.
	Hauteur moy. des 24 heures.	Ecart avec la hauteur normale.	Minimum.	Maximum.	Moyenne des 24 heures.	Ecart avec la température normale.	Minimum.[1]	Maximum.[1]	Hauteur de la neige.	Eau tombée dans les 24 h.	Nombre d'heures	dominant.	
	millim.	millim.	millim.	millim.	°	°	°	°	mm	mm			
1	566,24	+ 0,67	565,76	566,76	+ 1,83	+ 0,58	— 0,9	+ 4,0	....	......	.....	SO. 1	0,78
2	566,77	+ 1,28	565,85	567,76	+ 1,66	+ 0,55	+ 0,3	+ 3,5	......	......	.....	SO. 1	0,82
3	568,51	+ 3,10	567,67	569,62	+ 3,17	+ 2,20	+ 1,2	+ 5,6	......	......	......	variable	0,97
4	568,67	+ 3,35	567,52	569,82	+ 2,23	+ 1,40	0,0	+ 6,3	.....	......	.....	SO. 1	0,43
5	563,59	— 1,65	563,26	564,29	— 1,34	— 2,03	— 3,0	+ 1,2	......	......	......	variable	0,69
6	564,11	— 1,05	563,09	565,14	+ 0,36	— 0,19	— 3,0	+ 3,3	......	......	.....	NE. 1	0,13
7	565,32	+ 0,24	564,98	565,67	+ 3,08	+ 2,68	— 1,3	+ 6,5	....	.....	....	NE. 1	0,00
8	562,75	— 2,25	561,95	563,83	+ 1,48	+ 1,23	— 1,3	+ 3,7	.....	.....	......	SO. 1	0,71
9	559,10	— 5,82	558,04	560,45	— 0,69	— 0,80	— 1,0	— 0,1	50	14,0	9	SO. 1	1,00
10	558,04	— 6,80	557,35	558,84	+ 0,35	+ 0,39	— 1,1	+ 2,9	......	.....	......	NE. 1	0,60
11	561,01	— 3,75	559,28	562,50	+ 0,94	+ 1,13	— 0,7	+ 2,5	......	......	......	NE. 1	0,62
12	562,06	— 2,62	561,71	562,76	+ 1,02	+ 1,36	— 0,0	+ 3,5	......	......	....	variable	0,54
13	559,73	— 4,87	559,42	566,34	— 1,67	— 1,18	— 2,3	+ 0,2	80	10,8	7	SO. 1	0,88
14	560,62	— 3,90	558,88	562,11	— 2,10	— 1,47	— 2,7	— 0,6	....	.....	.....	NE. 1	1,00
15	563,38	— 1,06	562,82	563,86	— 3,24	— 2,46	— 4,2	— 0,3	......	....	......	NE. 1	0,50
16	564,30	— 0,06	563,85	564,74	— 1,46	— 0,53	— 4,2	+ 1,7	......	......	......	SO. 1	0,13
17	559,60	— 4,68	558,35	561,25	+ 0,28	+ 1,36	— 3,1	+ 3,9	......	......	......	calme	0,56
18	554,51	— 9,70	552,66	556,10	— 1,58	— 0,35	— 2,1	— 0,1	.....	....	......	variable	0,93
19	553,44	—10,69	550,01	556,14	— 2,80	— 1,42	— 4,8	— 1,0	4	8,9	11	SO. 2	0,59
20	558,70	— 5,35	557,13	560,01	— 3,89	— 2,36	— 5,8	— 2,1	50	4,2	8	SO. 1	0,79
21	563,56	— 0,41	561,95	564,53	— 1,16	+ 0,52	— 2,7	+ 1,0	......	......	......	SO. 1	0,44
22	562,02	— 1,88	560,23	563,30	— 1,69	+ 0,14	— 4,5	+ 0,1	50	12,4	8	SO. 1	0,99
23	559,52	— 4,31	557,94	560,84	— 0,88	+ 1,10	— 3,0	+ 0,6	......	......	......	NE. 1	0,77
24	563,07	— 0,68	560,91	564,54	+ 0,05	+ 2,18	— 1,7	+ 3,4	80	30,3	7	NE. 1	0,82
25	562,92	— 0,76	562,36	563,84	— 0,45	+ 1,83	— 3,8	+ 2,5	.....	......	......	NE. 1	0,77
26	564,26	+ 0,65	563,76	564,62	— 0,65	+ 1,78	— 6,8	+ 3,0	.....	....	......	NE. 1	0,16
27	556,86	— 6,68	555,40	559,54	— 3,65	— 1,07	— 5,1	— 1,2	200	27,2	14	SO. 1	0,98
28	554,51	— 8,96	552,71	557,36	— 5,10	— 2,38	— 6,8	— 2,4	50	10,0	7	NE. 2	1,00
29	561,74	— 1,66	559,50	563,34	— 4,74	— 1,87	— 10,0	— 0,7	......	.....	......	SO. 1	0,29
30	562,39	— 0,94	561,94	563,03	— 3,26	— 0,24	— 5,1	— 0,7	......	......	.....	SO. 1	0,59
	560,33	— 2,93	559,83	561,15	— 3,45	— 0,28	— 4,2	— 2,2	100	13,0	9	SO. 1	1,00

[1] Les chiffres renfermés dans ces colonnes donnent la plus basse et la plus élevée des températures observées de 6 h. du matin à 10 h. du soir, les thermométrographes étant hors de service.

MOYENNES DU MOIS D'OCTOBRE 1865.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s	8 h. s.	10 h.
Baromètre.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade,	564,31	564,55	564,69	564,46	564,25	564,12	564,20	564,40	564,45
2e »	559,18	559,63	560,10	559,84	559,61	559,66	559,89	560,16	560,16
3e »	560,62	560,95	560,89	561,18	560,87	561,16	561,17	561,43	561,48
Mois	561,35	561,68	561,86	561,80	561,55	561,63	561,73	561,98	562,01
Température.									
1re décade,	— 0°,60	+ 0°,29	+ 1°,44	+ 2°,73	+ 3°,26	+ 2°,99	+ 1°,68	+ 1°,02	+ 0°,76
2e »	— 2,36	— 1,91	— 0,94	— 0,21	+ 0,19	— 0,49	— 1,48	— 1,63	— 1,59
3e »	— 3,76	— 3,02	— 1,27	— 0,83	— 0,64	— 0,80	— 2,45	— 2,47	— 2,56
Mois	— 2,29	— 1,59	— 0,29	+ 0,52	+ 0,89	+ 0,52	— 0,80	— 1,07	— 1,18

	Min. observé.[1]	Max. observé.[1]	Clarté moy. du ciel.	Eau de pluie ou de neige.	Hauteur de la neige tombée.
	°	°		mm	mm
1re décade,	— 1,01	+ 3,69	0,61	14,0	50
2e »	— 2,99	+ 0,77	0,65	23,9	134
3e »	— 4,88	+ 0,31	0,71	92,9	480
Mois	— 3,02	+ 1,55	0,66	130,8	664

Dans ce mois, l'air a été calme 26 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 0,61 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est S. 45°O., et son intensité est égale à 21,5 sur 100.

[1] Voir la note du tableau.

HISTOIRE

DES SCIENCES MATHÉMATIQUES ET PHYSIQUES

CHEZ LES BELGES,

PAR

M. ADOLPHE QUETELET,

Directeur de l'observatoire de Bruxelles, etc. etc. : 1 vol. gr. 8° de 480 pages, Bruxelles 1864.

Quoique ce volume ait une importance spéciale pour la nation dont il retrace une partie de l'histoire scientifique, il mérite aussi d'être recommandé à tous les amis de la science, qui y trouveront beaucoup de renseignements intéressants, présentés avec la précision et la clarté qui distinguent toutes les productions de M. Quetelet. On sait quelle activité il a déployée comme fondateur et directeur de l'observatoire de Bruxelles, et comme secrétaire de l'Académie royale de Belgique. A travers les nombreux travaux auxquels l'appelaient ces deux fonctions, il a trouvé le temps d'y joindre des recherches de statistique, de physique sociale et de calcul des probabilités. Arrivé à un âge avancé, et dignement secondé par son fils dans la direction de l'observatoire, il ajoute encore à ses occupations scientifiques des travaux spéciaux, historiques et statistiques, qui seront sûrement appréciés comme ils le méritent. Je ne puis que signaler ici l'apparition à Bruxel-

les, en 1865, d'un volume in-4° de plus de 500 pages, ayant pour titre : *Statistique internationale* (*Population*), par Ad. Quetelet, président, et Xav. Heuschling, secrétaire de la Commission centrale de statistique, publiée avec la collaboration des statisticiens officiels des différents États de l'Europe et des États-Unis d'Amérique; ouvrage qui renferme un grand nombre de tableaux et de renseignements fort curieux sur la population de ces divers États et de la Suisse, entre autres. Je me bornerai à entrer dans quelques détails sur l'ouvrage historique de M. Quetelet annoncé plus haut.

L'auteur s'est proposé d'y retracer l'histoire des sciences mathématiques et physiques en Belgique, depuis les temps anciens jusqu'en 1830 : mais il en a fait précéder l'exposition par une introduction relative aux premiers progrès des sciences dans l'antiquité ; et il a joint aux quatre livres formant le corps de son ouvrage, un *Appendice*, relatif à l'observatoire de Bruxelles et aux travaux scientifiques qui y ont été exécutés.

On comprendra aisément que je ne pourrais entrer ici dans l'énumération de tous les auteurs dont parle M. Quetelet, et que je devrai me borner à signaler ceux qui ont le plus marqué dans la science. Il retrace avec concision et impartialité leur vie et leurs travaux ; ses jugements portent l'empreinte d'un esprit sagement libéral, bienveillant et modéré, qui se plaît à rendre justice au mérite partout où il se trouve. Ce qui ajoute beaucoup à l'intérêt de son ouvrage, c'est qu'il ne s'y borne point à une sèche nomenclature d'auteurs et de traités divers, mais qu'il y joint souvent quelques détails sur l'histoire de son pays, et sur les hommes illustres en divers genres qui y ont joué un rôle important.

Ainsi, dans le livre Ier, relatif à l'ancienn jusqu'au commencement du XVIe siècle, si nou vons à citer, en fait d'auteurs célèbres, que comme géographe, Nicolas de Cusa comme Froissard et Commines comme chroniqueurs, Van Eyck comme peintres, M. Quetelet ne n de signaler ce que le grand empereur Charlema de naissance, a fait pour encourager les scien trace en peu de mots les hauts faits de Godefroi lon, né dans le Brabant et premier roi de en 1099. Il parle ensuite des ducs de Bou fondèrent en 1425 l'université de Louvain, et r l'imprimerie a été en activité en Belgique dès l'a

Le livre second se rapporte à l'époque com la naissance de l'empereur Charles-Quint à 1500, et la fin du gouvernement de l'archidu de sa sœur Isabelle, en 1633. M. Quetelet y r térêt éclairé que Charles-Quint a manifesté po ces, qu'il avait étudiées à Louvain, et surtout p thématiques. La Belgique, qu'il a habitée p dix-sept premières années, a été très-florissan règne et quelque temps après lui, jusqu'à rigueurs impitoyables du duc d'Albe, sous l Philippe II, lui aient bientôt porté un coup f casionnant, entre autres, l'exil d'un grand no plus estimables citoyens. Sous Charles-Quint, sius, Cornelius Gemma et André Vésale, mé de l'empereur; après lui Gérard Mercator, Adrien Romain, Simon Stévin, Ortélius et P Lansberge, ce dernier ministre réformé ret lande, sont les savants belges les plus disting époque, où vécurent aussi les grands peint et Van Dyck.

M. Quetelet s'étend sur la vie et les ouvrages de G. Mercator, de Gemma Frisius et de Stévin, géographes et mathématiciens célèbres. Ce dernier, né à Bruges en 1548, avait adopté la réforme religieuse; il s'exila de son pays pour cette raison, et le prince Maurice de Nassau se l'attacha comme intendant de sa maison. On lui doit, entre autres, d'avoir, l'un des premiers, signalé les avantages, pour la facilité des calculs, de la substitution des fractions décimales aux fractions ordinaires. C'est surtout à la mécanique qu'il a fait faire des progrès remarquables. L'une des applications qu'il en fit, la moins importante peut-être en réalité, mais qui fit le plus de bruit dans le temps, est racontée en ces termes par M. Quetelet :

« De toutes les inventions mécaniques de Simon Stévin, la construction de son chariot à voiles est celle qui lui fit le plus d'honneur et de réputation. L'enthousiasme qu'elle excita ne peut se comparer qu'à celui que firent naître les premières locomotives sur nos chemins de fer. L'expérience en fut faite sur la plage entre Scheveningue et Petten. Quatorze lieues furent parcourues avec une rapidité telle, qu'un cheval n'aurait pu suivre le chariot chargé de vingt-huit personnes. C'était le prince Maurice lui-même qui dirigeait la manœuvre; parmi les voyageurs se trouvaient le frère du roi de Danemark, le comte Henri de Nassau, et ce même François de Mendoça, amiral d'Aragon, que le prince Maurice avait combattu et fait prisonnier à la bataille de Nieuport. Le prince, avec une intention malicieuse, dirigea un instant le chariot vers la mer, et la terreur se répandit soudain dans l'équipage; mais il le ramena presque aussitôt dans sa véritable direction et le trajet s'acheva gaie-

ment. La poésie et les arts célébrèrent le trio
science. L'illustre Grotius, ami de Stévin et
de quelques-uns de ses ouvrages, chanta en
ce voyage mémorable dont il avait fait par
mêmes vers furent traduits en hollandais pa
Constantin Huygens, père du plus grand géon
produit la Hollande. »

La ville de Bruges a chargé récemment
sculpteur belge, M. Eugène Simonis, d'érige
de ses places publiques une statue en l'honn
mon Stévin.

La famille Bernouilli, si illustre dans l'h
mathématiques, est originaire des Pays-Bas. «
nouilli, dit M. Quetelet, qui mourut en 158
sans doute, d'un gouvernement dont il avait
gueurs sous le duc d'Albe, quitta la ville d'A
résidait et passa à Francfort-sur-le-Mein. Pl
famille alla s'établir à Bâle, en Suisse ; elle se
alors de onze enfants, parmi lesquels on com
et Jean Bernouilli, deux des géomètres les p
de cette époque. Un autre Jean Bernouilli de
professeur de mathématiques à l'université de
et c'est dans cette ville que naquit son fils Dani
serva, dans le domaine des sciences mathém
réputation distinguée que s'étaient acquise s
aïeux. »

Dans le livre III de son ouvrage, M. Quete
surtout sur les travaux des savants jésuites
avaient formé à Anvers et à Liége des écoles
l'université de Louvain. Les plus marquants,
qui se sont occupés de sciences mathémati
siques, sont d'Aiguillon, qui a publié un grand

tique, en 1613, avant les travaux de Newton dans cette partie; Malapert, qui a observé des taches solaires de 1618 à 1626 ; Grégoire de Saint-Vincent, auquel on doit un traité sur la quadrature du cercle et les propriétés des sections coniques ; et André Tacquet, auteur de divers ouvrages de mathématiques pures et appliquées.

M. Quetelet signale aussi les avantages que plusieurs missionnaires jésuites belges en Chine ont retirés de leurs connaissances scientifiques, et raconte leurs travaux de ce genre. Il donne, en particulier, d'intéressants détails sur le Père Ferdinand Verbiest, de Bruges. Ce savant, envoyé en Chine comme missionnaire en 1659, y fut jeté en prison et condamné à mort, ainsi que plusieurs de ses prédécesseurs, et il dut à la science son salut et celui de l'un de ses collègues. Appelé devant l'empereur Kang-Hi, il lui fit comprendre les défauts du calendrier chinois qui se publiait chaque année à Pékin, et fut dès lors chargé de le rédiger. Il fut établi, en 1669, président du tribunal des mathématiques, et il eut à refondre, pour ainsi dire, tout l'observatoire de ce tribunal. Le Père Verbiest a composé plusieurs ouvrages en langue chinoise, dont l'un d'astronomie, de format in-folio avec un titre latin, se compose presque uniquement de planches représentant l'observatoire, placé en plein air sur un massif élevé, et muni de huit instruments astronomiques, qui sont décrits en détail, ainsi que d'autres appareils de physique et de mécanique. L'empereur voulut recevoir de Verbiest des leçons d'astronomie. Il lui fit calculer des tables contenant, entre autres, les éclipses de lune et de soleil qui devaient avoir lieu pendant deux mille années. L'ouvrage parut en trente-deux livres, sous le titre d'*Astronomie perpétuelle de l'empereur Cam-Hy.*

Ce prince lui conféra, en récompense, un
grand homme, et il étendit cette distinction
à sa mère et à son aïeule. Il le chargea aus
de diriger une fonderie de canons, où 300 p
lerie lui furent bientôt présentées. Le Père V
rut en 1688, et ses funérailles furent célébr
pompe extraordinaire. Le Père Antoine Thor
mur, lui succéda comme président du trib
thématiques. Le Père François Noël a publi
en 1710, des observations astronomiques f
de 1684 à 1708, en divers points de la Chine
accompagnées de détails curieux sur l'ast
noise. On doit aussi au P. Grimaldi des plan
lestes, publiés en chinois en 1711.

Outre les jésuites dont je viens de parler,
compté encore à cette époque un petit nomb
distingués, tels que Vanhelmont père et fi
Van Langren d'Anvers, mathématicien du r
Philippe IV, qui s'est occupé de la déter
longitudes par la marche des planètes. On
un planisphère détaillé de la Lune, publié
peu avant la carte sélénographique d'Hévél
trouvaient déjà placées 270 taches observé
dois citer encore l'astronome Wendelin,
Tournay, qui a publié, entre autres, à Anve
un ouvrage curieux sur les éclipses lunair
ron de Sluze, savant mathématicien, très-bc
connu des plus grands géomètres de ce ten
bre de la Société royale de Londres, et aut
vrage ayant pour titre *Mesolabium*, publi
1668.

Nous arrivons à une époque que M. Qu

comme très-fâcheuse en Belgique, sous le rapport du grand ralentissement et de la langueur qui y ont régné dans le domaine des sciences. C'est par l'exposition de ce fâcheux état de marasme scientifique que commence le IVe et dernier livre de son ouvrage. Il attribue en partie cet état à des causes politiques, et à l'abaissement qui résulta pour la Belgique de la fermeture de l'Escaut et du traité du 15 novembre 1715, dit *des Barrières*.

L'impératrice Marie-Thérèse chercha à réveiller le zèle pour les sciences et les lettres dans cette partie de ses États, en y instituant, le 13 avril 1773, l'*Académie impériale et royale de Belgique*, à laquelle elle accorda de grands avantages, et qui a subsisté jusqu'à l'occupation de ce pays par les Français en 1794. Cette académie a publié un recueil scientifique, où l'on trouve, entre autres, des mémoires de mathématiques du commandeur de Nieuport et de l'ingénieur Bournons, ainsi que des communications de quelques savants étrangers, au nombre desquels nous citerons celles de l'astronome anglais Nathanael Pigott, qui séjourna en Belgique vers 1774. Il y observa, en plusieurs villes, des hauteurs méridiennes d'étoiles avec un Quart de cercle de Bird que la Société royale de Londres lui avait confié, et il y joignit des observations d'éclipses de satellites de Jupiter. Son but était de coopérer à la construction d'une carte topographique du pays, entreprise par le général autrichien Ferraris.

Pigott et Englefield firent, à cette époque, une expérience assez curieuse, relative à l'influence que les vibrations occasionnées par le son peuvent exercer sur la hauteur de la colonne barométrique. Ils établirent,

pour cet effet, un baromètre de Ramsden au haut de la tour nord-est de l'église collégiale de Sainte-Gudule à Bruxelles, à environ 7 pieds du sommet d'une grosse cloche, pesant environ seize mille livres, et dont le battant était d'abord fixé, par une traverse de bois, contre l'un des côtés de l'intérieur de la cloche. Lorsque la cloche fut mise en branle, la hauteur du mercure n'éprouva aucune variation tant que le battant fut retenu : mais aussitôt qu'il fut lâché et que les sons commencèrent, le mercure monta, et il continua à éprouver une espèce de sursaut chaque fois que le battant venait frapper la cloche. Ces observations ont paru indiquer de 6 à 10 millièmes de pouce anglais pour l'effet du son sur le baromètre.

M. Quetelet entre aussi dans quelques détails sur les travaux de physique de l'abbé Mann, savant laborieux, qui a très-bien saisi, entre autres, les rapports qui existent entre l'apparition des aurores boréales, les mouvements de l'aiguille aimantée et les quantités d'électricité de l'air. L'abbé Chevalier, Van Swinden et le baron de Pœderlé avaient déjà fait successivement, depuis 1763, des observations météorologiques en Belgique; mais c'est à l'abbé Mann qu'on dut principalement une série d'observations régulières de ce genre, faites chaque jour à Bruxelles de 1784 à 1787, au moyen d'instruments comparés, pour répondre aux désirs de la Société météorologique Palatine de Mannheim, qui a publié ces observations.

Je ne puis suivre M. Quetelet dans ce qu'il dit sur divers travaux de quelques autres membres de l'ancienne Académie de Belgique. Lors de la réunion de la Belgique à la République française, l'Institut de France reçut

dans son sein deux des savants de cette académie : le commandeur de Nieuport et le professeur de chimie Van Mons. Depuis cette époque, beaucoup de Belges poursuivirent leur carrière à Paris, et M. Quetelet cite, entre autres, le savant médecin Nysten, l'aéronaute Robertson, le professeur Christian, directeur du Conservatoire des arts et métiers et auteur d'un traité de mécanique industrielle en 4 volumes in-4°, Van Praet le bibliophile, Grétry, Méhul et Gossec, célèbres compositeurs de musique. Le savant physicien Despretz, membre de l'Académie des sciences de Paris et qu'elle a perdu il y a peu d'années, était aussi né en Belgique ; MM. Milne Edwards et Decaisne, membres actuels de cette illustre académie, sont natifs, le premier de Bruges et le second de Bruxelles.

On sait que, depuis 1815, la Belgique fut réunie à la Hollande pendant seize années, et M. Quetelet reconnaît que le gouvernement des Pays-Bas favorisa puissamment le développement des sciences dans sa patrie. La Belgique eut, comme la Hollande, trois universités : celles de Gand, de Louvain et de Liége. On créa des musées, des bibliothèques, des jardins botaniques ; l'Académie royale de Belgique fut rouverte, en 1816, aux sciences et aux lettres, et l'on vit plus tard s'ériger à Bruxelles le premier observatoire belge, conçu sur une plus grande échelle que ceux qui existaient alors dans les provinces septentrionales du royaume.

M. Quetelet entre dans quelques détails sur le développement scientifique qu'a pris la Belgique à cette époque, et signale les principaux travaux des membres de son Académie. Je me bornerai à citer, comme géologue M. d'Omalius d'Halloy, et MM. de Nieuport, Dandelin, Pla-

teau, Pagani, Verhulst, ainsi que M. Quetelet lui-même, comme ceux qui se sont alors le plus distingués dans les sciences mathématiques et physiques.

Van Mons avait publié pendant quelques années, avec Bory de Saint-Vincent et Drapiès, des *Annales des sciences physiques et naturelles*. MM. Garnier et Quetelet commencèrent, en 1824, la publication par cahiers in-8° de leur *Correspondance mathématique et physique*, continuée par ce dernier jusqu'en 1839 et dont il a paru onze volumes. L'Académie de Belgique devint beaucoup plus active, dans cette nouvelle phase d'existence, pour la publication du recueil in-4° des Mémoires de ses membres, ainsi que de ceux que lui adressaient divers savants étrangers, et elle commença aussi à faire paraître, dans le format in-8°, des *Bulletins* de ses séances.

Pendant l'occupation française, on avait commencé de nouvelles opérations géodésiques en Belgique et on allait les reprendre sous le régime hollando-belge, lorsque la révolution de 1830 sépara violemment la Belgique de la Hollande, et transforma la première en un petit État constitutionnel à part, sous un roi protestant, généralement aimé et respecté du peuple belge, et qui jouit d'une haute considération en Europe. Les sciences ont continué à fleurir sous son règne : mais M. Quetelet s'étant arrêté dans son ouvrage à l'époque de 1830, je ne suis pas appelé à la dépasser ici.

Je dirai seulement quelques mots sur l'*Appendice* relatif à l'observatoire de Bruxelles, que M. Quetelet a joint à son Histoire scientifique, et qui, avec une table des matières et une table des auteurs cités, occupe les 104 dernières pages du volume.

La construction de l'observatoire de Bruxelles a été

commencée en 1827; le bâtiment, encore inachevé, a eu beaucoup à souffrir pendant la lutte à main armée qui y a eu lieu en septembre 1830, et il n'a été terminé que trois ans après. Ses principaux instruments, tant anglais que français, y ont été établis en 1835; et l'observatoire, qui était déjà en activité depuis plusieurs années en ce qui concerne la météorologie et le magnétisme terrestre, l'a été dès lors plus complétement pour l'astronomie. M. Quetelet présente, dans son *Appendice*, un résumé succinct, fort intéressant, des divers genres d'observations qui y ont été assidûment poursuivies, et qui se rapportent principalement à des phénomènes périodiques de physique terrestre, ou à des déterminations d'éléments astronomiques. Il en a consigné les détails et les résultats, soit dans les *Annales de l'observatoire*, dont il a déjà paru seize volumes in-4°, soit dans un grand nombre de mémoires insérés dans le recueil de ceux de l'Académie de Belgique. Il publie aussi, depuis trente-trois ans, dans le format in-18°, un *Annuaire de l'observatoire de Bruxelles*, renfermant diverses données et tables utiles, ainsi que des notices scientifiques intéressantes, rédigées par lui ou par ses adjoints. On lui doit encore un *Traité sur la physique du globe*, publié en 1861 en un volume in-4°, et dont M. de la Rive a inséré une analyse dans le n° d'octobre 1862 de nos *Archives*. Comme j'ai publié successivement, dans les n°s de janvier et février 1854 et dans celui de septembre 1860 du même recueil, deux notices assez développées sur l'observatoire de Bruxelles et sur les travaux qui y ont été effectués, je ne reviendrai pas en ce moment sur ce sujet. Je terminerai donc ici cet article, en faisant mille vœux pour la continuation de la prospérité et de l'indépendance de l'intelligente et

estimable nation dont M. Quetelet a retracé
scientifique, et dont il est un des citoyens les
voués; cette nation ayant, par certains rapport
sition, des titres particuliers à l'intérêt de la S

ALFRED GAUT

DE L'ACTION DU CURARE SUR LES VÉGÉTAUX

PAR

M. LE PROF. J.-B. SCHNETZLER.

Les belles recherches de M. Claude Bernard sur le curare ont attiré partout l'attention des physiologistes sur l'action de cette substance dans l'organisme animal. Ce qui donne un intérêt tout particulier aux recherches du savant français, ce n'est pas seulement le résultat net, positif, auquel il est arrivé, mais encore la méthode purement expérimentale et logique qui l'a conduit à ce résultat. En effet, grâce à cette méthode qui arrive par l'observation et par l'expérience à l'explication d'un fait, nous pouvons aujourd'hui admettre comme une vérité scientifique, que le curare introduit en dose suffisante dans l'organisme animal, détruit l'action des fibres motrices du système nerveux.

Pendant le printemps passé (1865), j'ai fait une série d'expériences qui avaient pour but d'examiner l'action de différentes substances vénéneuses sur le protoplasma végétal. La plupart des physiologistes admettent aujourd'hui l'analogie et même l'identité qui existe entre cette substance et le sarcode de Dujardin. Dans un travail publié dans les *Archives*, nous avons vu qu'il existe dans

les cellules vivantes des végétaux une matière semi-fluide qui non-seulement ressemble au sarcode en présentant les mêmes propriétés sous l'influence des réactifs chimiques et physiques, mais qui exécute comme lui (chez les Rhizopodes) un mouvement produit par des courants faciles à apercevoir, grâce à de fines granulations suspendues dans la matière fluide en mouvement. En examinant l'action de différentes substances vénéneuses sur le protoplasma des spores d'algues et des poils d'orties, j'ai constaté que des poisons minéraux comme le sulfate de cuivre, l'acide arsénieux, la teinture d'iode et même des solutions de chlorure de sodium détruisent la propriété du protoplasma de produire des courants granulaires ou le mouvement en général, comme dans les spores d'algues. Certains poisons qui dans l'organisme animal semblent produire la mort par l'intermédiaire du système nerveux, font cesser également le mouvement du protoplasma. J'ai cru pouvoir expliquer par ces résultats les belles expériences de MM. Marcet et Macaire-Prinsep, de Genève, qui, déjà en 1824, avaient tâché de démontrer que les poisons minéraux tuent les plantes comme les animaux, en détruisant leurs tissus, et que les substances toxiques qui tuent les animaux par l'intermédiaire du système nerveux, tuent également les plantes. L'action de ces différentes substances sur le protoplasma végétal me semble expliquer d'une manière très-simple la mort de la plante par empoisonnement. Mes recherches m'avaient conduit à la conclusion : Que les plantes meurent sous l'influence des poisons de la même manière que les animaux inférieurs dont le corps se compose principalement de sarcode. Dans les deux cas le poison produit dans la matière vivante, le protoplasma, des changements qui

détruisent sa contractilité et la faculté de se mouvoir. Les plantes et les animaux se ressemblent par un grand nombre d'actes de leur vie; cette analogie s'étend encore à la manière dont ils meurent sous l'influence des poisons.

Dans les recherches dont je viens de parler, j'ai vivement regretté de ne pouvoir examiner l'action du curare sur les végétaux. Grâce à l'obligeance de M. le professeur Ed. Claparède, de Genève, j'ai obtenu une certaine quantité de cette précieuse substance. Je l'ai d'abord essayée sur le protoplasma des poils d'orties (*Urtica urens*, *Urtica dioïca*). Aussi longtemps que la cellule qui forme le poil est intacte et vivante, on aperçoit dans son intérieur un courant granulaire très-prononcé. Le liquide coule lentement, mais distinctement, entraînant avec lui les fines granulations qu'il renferme. Des poils d'ortie très-frais furent plongés dans une solution aqueuse de curare (1 millig. par goutte); le courant continua aussi bien que dans l'eau pure. Des solutions plus concentrées ne produisirent pas davantage l'arrêt du courant granulaire. Cette expérience souvent répétée m'a toujours donné le même résultat. Pour essayer si la même solution de curare (1 millig. par goutte) exerçait une action sur l'organisme animal, j'enfonçai la pointe d'une aiguille mouillée de la solution dans le mésothorax d'une mouche (*Musca domestica*); aussitôt la paire de pattes du mésothorax et celle du métathorax furent paralysées, tandis que la paire antérieure se mouvait encore pendant fort longtemps ; la même opération faite dans le prothorax d'une autre mouche détruisit le mouvement dans les trois paires de pattes. Des piqûres faites avec une aiguille sans curare ne produisaient pas cet effet.

Une goutte d'une solution de curare fut introduite dans une incision pratiquée à la base du pétiole d'une feuille de sensitive (*Mimosa pudica*); la sensibilité (c'est-à-dire la propriété du pétiole de s'abaisser, et des folioles de se replier par l'ébranlement ou dans l'obscurité, et de reprendre leur position normale au repos ou à la lumière) ne fut pas modifiée d'une manière bien frappante. J'observai quelquefois une diminution temporaire de cette sensibilité; mais je l'attribue à l'écoulement d'une petite quantité de liquide par la blessure, liquide sur lequel je reviendrai dans la suite de ce mémoire.

Une feuille de mimosa, plongée par le pétiole coupé dans une solution de curare, garde sa sensibilité pendant plusieurs heures jusqu'à ce qu'elle soit flétrie.

La terre contenue dans un petit vase dans lequel végétait une mimosa fut arrosée pendant plusieurs jours exclusivement avec une solution de curare; elle reçut ainsi, dans 100 grammes d'eau, 8 centigrammes de la matière toxique; la sensibilité persista. Cependant ce genre de nourriture ne paraissait pas convenir à la plante. Les feuilles inférieures devenaient jaunes et cette décoloration se transmettait peu à peu à des feuilles plus élevées; cependant même dans les folioles jaunes la sensibilité persista toujours, jusqu'à ce qu'elles fussent entièrement crispées. Une forte dose de curare peut ainsi produire une altération dans le travail de la nutrition, mais elle ne détruit la contractilité qu'en produisant une action chimique qui altère tout le tissu végétal.

Il me semble résulter de ces observations une nouvelle preuve de l'analogie qui existe entre le protoplasma végétal et le sarcode. En effet, chez les zoophytes, le curare ne

produit, en général, aucun effet [1]. Un polype d'eau douce mis dans une solution de curare suffisante pour empoisonner une grenouille, mais insuffisante pour agir chimiquement sur ses tissus, n'est pas empoisonné et continue à vivre et à se mouvoir tant que l'eau ne croupit pas[2].

M. Claude Bernard dans un cours donné en 1864[3] admet des mouvements sarcodiques dans les végétaux et dans les animaux. C'est évidemment à la contractilité du protoplasma végétal qu'il faut attribuer ses courants granulaires, de même que les mouvements des feuilles de mimosa, des étamines de *Berberis vulgaris*, M. Les expériences qui précèdent me semblent fournir une preuve pour cette assertion.

L'action spécifique du curare sur l'élément nerveux moteur et l'absence de cette action sur le mouvement du protoplasma nous démontrent que cet élément nerveux manque dans les végétaux et coupe ainsi court aux hypothèses émises à ce sujet.

Les muscles et les nerfs constituent deux substances distinctes, puisque les agents qui empoisonnent l'un n'atteignent pas l'autre ; c'est dans le muscle que réside la propriété contractile, puisqu'on peut encore mettre en jeu cette propriété en irritant directement le muscle, lorsque le nerf a été détruit par un agent toxique[4]. L'élément nerveux moteur n'existe pas chez les végétaux, mais nous y trouvons une substance contractile qui représente évidemment l'élément contractile musculaire des animaux.

[1] Vulpian, *Revue des cours scientifiques*, 1864, p. 626.
[2] *Id.*, *id.* p. 489.
[3] Claude Bernard, *id.* p. 493.
[4] *Id.*, *id.* p. 534.

Note. Lorsqu'on verse avec précaution
d'acide sulfurique ou d'acide azotique sur l
(*pulvinus*) d'une feuille de mimosa, le pétio
et les folioles se replient (Bischof, *Lehrbuch*,

La base du pétiole qui porte le nom de cou
vinus) se compose d'un parenchyme très-su
versé au centre par un cordon de vaisseaux
les cellules extérieures sont anguleuses; celle
rieur allongées. Ces cellules contiennent out
plasma un liquide à réaction franchement
évaporé sur une lame de verre, laisse un résid
Ce résidu traité par de l'eau distillée prend
tion d'un bleu clair lorsqu'on le regarde à
lumière réfléchie. Cette coloration disparaît
mière transmise. Cette matière cristalline q
ce phénomène de dichroïsme n'est autre cho
culine (*polychrôme*) signalée dans l'écorce du
d'Inde, de Guilandia et de Quassia; cette substa
git le tournesol, étudiée par Tromsdorf, a p
$C^8 H^9 O^5$ (Liebig, *Traité de Chim. org.*). Le li
dont je viens de démontrer la présence dans
des feuilles de mimosa pourrait fort bien jo
dans les mouvements de ces feuilles. No
par exemple, l'acide lactique et surtout l'ac
provoquer des contractions dans les fibres
qui ne se trouvent plus sous l'influence des n
tués par le curare. L'écoulement du liquide a
la sensibilité des feuilles de mimosa, tandis
sence secondée par une irritation extérieure
mière) déterminerait la contraction du sarcod

———

SUR LA CHALEUR
DÉGAGÉE PAR LES COURANTS D'INDUCTION
ET SUR LA
RELATION QUI EXISTE ENTRE CE DÉGAGEMENT DE CHALEUR
ET LE TRAVAIL
MÉCANIQUE EMPLOYÉ A LE PRODUIRE

PAR

M. E. EDLUND[1].

I

Quand on approche un fil conducteur fermé d'un courant galvanique, il se produit dans le premier un courant d'induction, dont la direction est de nature à donner lieu à une répulsion entre les deux courants. Si, au contraire, on éloigne le conducteur, le courant d'induction suit la direction opposée, d'où il résulte une attraction des deux courants. L'induction, dans les deux cas, est donc accompagnée d'une dépense de travail mécanique. Quand, au contraire, l'induction galvanique est occasionnée par un changement dans l'intensité du courant inducteur, sans que les deux circuits changent

[1] Le mémoire original a été publié dans les *Comptes rendus de l'Académie des sciences de Stockholm*, 1864, p. 79. L'auteur a bien voulu nous en communiquer un extrait en suédois, dont nous donnons la traduction. *Ph. P.*

de position l'un à l'égard de l'autre, il n'en r
de perte de travail mécanique. Ces deux sort
tion sont donc sous ce rapport dissemblabl
mier abord, il paraîtrait qu'un rapprochemer
circuits devrait produire le même effet qu'u
tation d'intensité du courant inducteur, et qu
gnement devrait avoir le même résultat qu'u
tion dans l'intensité du courant inducteur ;
approchant ou en éloignant le circuit induit
inducteur, on ne produit en réalité qu'une au
ou une diminution dans l'intensité de ce der
si l'on peut appliquer ici les principes de la
canique de la chaleur, il faut, quand l'induct
compagnée d'une dépense de travail mécaniq
développement de la chaleur soit plus grand
l'induction résulte d'un changement d'intensi
rant inducteur, et cet excédant de chaleur
proportionnel au travail effectué. Les couran
tion offrent par conséquent un moyen propre
expérimentalement l'exactitude générale de
mécanique de la chaleur.

Ces considérations ont déterminé M. Edlur
de plus près qu'on ne l'avait fait jusqu'ici les
rifiques des courants d'induction. Nous allons
courte analyse de son mémoire, dans lequel i
commençant les lois du dégagement de chal
courants d'induction et passe ensuite à la
existe entre la chaleur produite et le travail
employé.

II

Un courant d'induction ne peut guère av
propriétés que celles d'un courant galvaniqu

dont l'intensité change à chaque instant; il était donc facile de prévoir que la chaleur qu'il produit à un moment donné doit être proportionnelle au carré de son intensité au même moment. Les moyens qui ont été employés jusqu'ici, quand il était question de courants galvaniques de force constante, ne suffisent plus pour démontrer l'exactitude parfaite de cette proposition. En revanche, l'électrodynamomètre de M. W. Weber fournit dans ce but une méthode très-simple. On sait que cet instrument se compose de deux bobines de fil de cuivre recouvert de soie, dont l'une est fixe et l'autre suspendue à deux fils d'argent fin, de manière à pouvoir osciller librement autour de la position d'équilibre déterminée par ces deux fils. Quand la bobine intérieure est en équilibre dans cette position, son axe se trouve à angle droit avec l'axe de la bobine extérieure. Si, maintenant, on fait passer le même courant par les deux bobines, celle qui est mobile doit éprouver une déviation en vertu de l'action qu'elles exercent l'une sur l'autre. On détermine cette déviation à l'aide d'un miroir, d'une échelle graduée et d'une lunette, comme à l'ordinaire. Si l'on désigne par i l'intensité du courant à un certain moment et par dt l'élément de temps, on conçoit facilement que la déviation doit être proportionnelle $\int i^2 dt$, les limites de l'intégrale étant le temps compris entre le commencement et la fin du courant. La chaleur développée par le courant d'induction doit être proportionnelle à cette quantité, dans le cas où la supposition que nous avons faite est vraie.

Une bobine formée de plusieurs tours de fil de cuivre recouvert de soie a été mise en communication avec une pile ; le courant pouvant être interrompu ou fermé

au moyen d'une roue dentée mise en mouvement par une manivelle qu'on tournait avec la main. La roue dentée était munie de 50 dents, de sorte que pour chaque tour complet le courant était interrompu ou fermé 100 fois, grâce à un ressort à détente adapté sur le côté de la roue. Dans cette bobine d'induction on avait introduit une autre bobine semblable dont le diamètre extérieur en permettait tout juste l'introduction. Les deux bouts de ce dernier fil d'induction pouvaient à volonté être réunis au dynamomètre, ou bien à deux tiges de laiton perpendiculaires, entre lesquelles était tendu un fil mince de platine que le courant d'induction pouvait traverser. Pour apprécier l'échauffement produit par le courant d'induction dans le fil de platine, on a adapté à ce dernier une petite pile thermoélectrique, dont le courant était conduit par deux fils de cuivre à un galvanomètre à miroir situé à une distance convenable et qui avait servi dans des recherches antérieures. Les déviations du galvanomètre pouvaient être lues de la manière ordinaire à l'aide d'une échelle graduée et d'une lunette. La pile thermoélectrique était la même que celle employée précédemment par l'auteur dans ses recherches sur le développement de chaleur produit par le changement de volume des corps solides[1]; dans quelques expériences on s'est servi d'une pile analogue à laquelle on avait apporté certaines modifications de construction. Le fil de platine et la pile étaient placés sous une cloche de verre pour les préserver des courants d'air.

Pour que le courant d'induction produise un échauffement du fil de platine capable de faire naître un cou-

[1] *Comptes rendus de l'Académie des sciences de Stockholm*, 1861, p. 119.

rant thermoélectrique appréciable ; il faut tourner la roue dentée un grand nombre de fois. Quand il s'agissait de déterminer le développement de la chaleur dû au courant d'induction, l'on tournait la roue avec une rapidité uniforme jusqu'à ce que l'aiguille du galvanomètre se maintînt immobile dans une déviation constante. C'était cette déviation constante qui était observée. Il est évident que quand cet état se présente, le fil dans un temps donné perd, par le rayonnement et le contact, autant de chaleur que le courant d'induction en produit pendant le même temps. Mais cette chaleur qui s'échappe est proportionnelle à l'excès de température, si ce dernier est peu considérable. Par conséquent, la chaleur développée dans un temps donné par le courant d'induction est proportionnelle à l'excès de température. M. Edlund a démontré par des expériences antérieures que le courant thermoélectrique, et par suite la déviation qu'il produit dans le galvanomètre, sont proportionnels à l'excès de température[1], pourvu que ce dernier soit faible. Il en résulte que la déviation du galvanomètre est proportionnelle à la chaleur dégagée dans un temps donné dans le fil de platine. Après avoir démontré par des expériences spéciales l'exactitude de cette proposition, et avoir prouvé en outre par d'autres expériences que les indications du dynamomètre sont proportionnelles à $\int i^2 dt$, l'auteur a fait plusieurs séries d'expériences pour déterminer la chaleur dégagée par les courants d'induction. Nous allons en rapporter quelques-unes.

Dans la première série d'expériences, le dynamomètre était en communication avec la bobine intérieure ;

[1] *Comptes rendus de l'Académie des sciences de Stockholm*, 1861, p. 119.

ensuite on a exclu le dynamomètre et on l'a remplacé dans le circuit par le fil de platine. Après avoir déterminé le développement de chaleur dans le fil de platine, à l'aide de la pile thermoélectrique et du galvanomètre, on refaisait quelques observations avec le dynamomètre. Ces expériences ont été répétées avec des courants inducteurs de différentes intensités. Voici les moyennes des résultats obtenus :

Déviation du dynamomètre.	Déviation du galvanomètre pour la chaleur.
y	x
98,8	113,3
52,4	60,1
73,75	82,8
40,9	46,8
18,3	20,3

Si l'on calcule les déviations (x) dues au courant thermoélectrique, en supposant qu'elles sont proportionnelles à celles du dynamomètre (y), selon l'équation $x=1,14\,y$, on obtient :

Calculé.	Observé.	Différence.
$x=$ 112,6	113,3	—0,7
84,1	82,8	+1,3
59,7	60,1	—0,4
46,6	46,8	—0,2
20,9	20,3	+0,6

Il y a donc, comme on le voit, une proportionnalité parfaite entre les quantités de chaleur dégagées par les courants d'induction et la déviation que ces derniers produisent au dynamomètre. On a obtenu le même résultat en changeant la durée des courants d'induction, tout en conservant constante l'inten-

sité du courant inducteur. Dans ce but on a fixé à la roue dentée un second ressort spécial qui fermait un circuit secondaire au moment où la pile était exclue par l'autre ressort à l'ouverture du courant. Le courant accessoire produit dans la bobine d'induction par l'ouverture du circuit, pouvait ainsi se manifester, et il avait pour effet un affaiblissement dans la diminution du courant inducteur; cette diminution était bien plus sensible sans circuit secondaire. Cette disposition n'entraînait aucun changement dans le courant d'induction, produit par la fermeture du circuit. Enfin, pour pouvoir aussi faire varier la durée du courant d'induction, on avait dès l'abord introduit dans le circuit inducteur une bobine d'induction spéciale renfermant un cylindre de fer doux. L'effet de cette dernière sur le courant inducteur était d'en diminuer l'accroissement à la fermeture. Cette bobine d'induction était assez éloignée de celle dans laquelle se produisait le courant d'induction qu'il s'agissait de mesurer, pour qu'aucune action réciproque ne pût avoir lieu. On a enlevé pour cette expérience le circuit accessoire, afin que les quantités de chaleur produites ne fussent pas par trop petites. Dans les trois manières d'opérer l'intensité du courant inducteur était sensiblement constante.

Sans circuit accessoire et sans électro-aimant :

Dynamomètre.	Chaleur.
71,75	110,0

Avec circuit accessoire et sans électro-aimant :

30,83	48,0

Sans circuit accessoire et avec l'électro-aimant :

60,0	88,25

Si l'on calcule ces moyennes selon l'équation $x=1,512y$ on obtient :

Calculé.	Observé.	Différence.
$x=$ 46,6	48,0	—1,4
90,7	88,25	+ 2,45
108,5	110,0	—1,5

On voit que dans ce cas aussi les quantités de chaleur développée par le courant d'induction sont proportionnelles à la déviation du dynamomètre. Ce résultat prouve que *la chaleur dégagée dans chaque moment par le courant d'induction, est proportionnelle au carré de l'intensité de ce courant dans le même moment, ou bien, ce qui revient au même, que la chaleur développée par tout le courant d'induction est proportionnelle à* $\int i^2 dt$, *en supposant pour limites à l'intégrale le commencement et la fin du courant d'induction.*

III

Un courant d'induction exerce naturellement une action sur le courant inducteur principal. Il en résulte dans ce dernier des courants d'induction d'ordre supérieur, qui selon leur direction s'ajoutent au courant principal ou s'en retranchent. D'où il suit que le dégagement de chaleur dans le circuit inducteur peut être différent pendant que l'induction s'exerce, et dans le même espace de temps sans induction. Veut-on par conséquent examiner si l'induction engendre de la chaleur, il ne faut pas se borner à mesurer la quantité de chaleur que développe le courant d'induction dans un temps donné, mais aussi celle que dégage le courant inducteur dans le même temps, d'abord sans induction et ensuite pendant qu'il induit. Voici

comment les expériences ont été disposées pour atteindre ce but.

On tournait la roue dentelée avec une rapidité constante pendant 20 secondes, en décrivant un tour entier par seconde; puis on attendait la 40e seconde pour observer la déviation produite par le courant thermoélectrique sur le galvanomètre. Pour déterminer d'abord le dégagement de chaleur dû au courant d'induction, on introduisait dans le circuit d'induction le fil de platine, auquel la pile thermoélectrique était vissée; ensuite on sortait le fil de platine du circuit d'induction et on l'introduisait à la place dans le courant inducteur principal. Après cela on examinait de nouveau le dégagement de chaleur dans le fil de platine, d'abord quand le circuit d'induction était ouvert, par conséquent sans induction, et ensuite avec un circuit fermé, c'est-à-dire sous l'action inductrice ce courant principal. De cette manière on obtenait une mesure de la chaleur développée par le courant d'induction dans le fil de platine pendant vingt secondes, et, de la même manière, une mesure du développement de chaleur dû au courant principal, dans le même fil de platine et dans le même temps, d'abord sans qu'il y eût induction et ensuite pendant l'induction exercée par le courant principal.

Nous passerons ici sous silence les difficultés expérimentales que l'auteur a eu à surmonter, ainsi que les preuves qu'il apporte à l'appui de l'exactitude de la méthode qu'il a suivie et ne citerons que les résultats définitifs.

Dans la première série d'observations, la production de chaleur, due au courant d'induction, dans le fil de platine et recueillie par la pile thermoélectrique a donné au

galvanomètre une déviation de 28,75. La chaleur dévelop-pée par le courant principal dans le même fil, mais sans induction, a donné 188,84 et quand le courant principal induisait 177,26. La différence des deux derniers nombres ou 11,58 représente la diminution du dégagement de chaleur par le courant principal quand ce dernier induit un courant dans un autre fil conducteur. Le nombre 11,58, de même que 28,75 obtenu par le courant d'induction, ne représentent toutefois que le développement de chaleur dans le fil de platine, mais ne rendent nullement compte du dégagement de chaleur dans les autres parties des deux circuits. On ne peut par conséquent, par la comparaison de ces deux nombres, savoir si une induction de ce genre occasionne en réalité une production de chaleur. Mais pour un même courant le dégagement de chaleur est proportionnel à la résistance du circuit, et cela non-seulement pour des conducteurs métalliques, mais aussi pour des liquides. De sorte que si l'on multiplie 28,75 par la résistance du circuit d'induction, et 11,58 par la résistance du courant principal, les produits représenteront, le premier la chaleur totale dégagée dans le circuit d'induction et le second toute la différence de chaleur développée dans le circuit principal lorsque ce dernier induit et lorsqu'il n'induit pas. Si l'on désigne par M la résistance du courant principal, on trouve par l'expérience que la résistance du courant d'induction est $0{,}4405\,M$. On peut donc représenter ces deux quantités de chaleur par $28{,}75 \times 0{,}4405\,M$ et $11{,}58\,M$. La première donne $12{,}66\,M$ et peut être considérée comme parfaitement égale à la seconde, d'où il résulte que ce genre d'induction ne donne pas lieu à une production de chaleur.

Deux autres séries d'observations ont conduit au même résultat : dans la première la chaleur dégagée par le courant d'induction était 12,36 *M*, et la différence de chaleur dégagée par le courant principal pendant l'induction et sans induction 13,21 *M*. Dans la troisième série on a obtenu pour la première disposition 9,52 *M* et pour la seconde 9,63 *M*. Ces résultats prouvent que *lorsqu'on détermine des courants d'induction dans un circuit fermé par l'ouverture et la fermeture du courant principal inducteur, l'induction ne donne lieu ni à une augmentation ni à une diminution de chaleur. La quantité de chaleur développée par le courant d'induction est égale à la diminution dans la production de chaleur qui résulte de l'induction dans le courant principal.*

IV

Dans le but d'arriver à obtenir par le rapprochement ou l'éloignement du circuit d'induction du courant inducteur, un développement de chaleur suffisant pour permettre de la mesurer exactement, on a construit un appareil spécial. Il se composait d'une bobine fixe de fil de cuivre recouvert de soie, dont le diamètre intérieur était de 200 millim. Dans l'intérieur de cette bobine s'en trouvait une autre également recouverte de soie, et à laquelle on pouvait, par un mécanisme convenable, imprimer une rotation rapide autour d'un axe situé dans le plan de la première bobine. Les extrémités du fil de cuivre de la bobine mobile étaient en communication métallique avec les bouts de l'axe de rotation qui étaient munis de ressorts pouvant être mis en contact avec des fils qui transportaient le courant d'induction engendré par la rotation. Le courant principal inducteur dont l'intensité était constante,

passait toujours dans ces expériences par la bobine fixe extérieure. Quand la bobine extérieure était en rotation, il s'y produisait un courant d'induction sous l'influence du courant inducteur dans la bobine fixe. On conçoit facilement que ce courant d'induction présente toujours une direction telle, que l'action mutuelle de ce courant et du courant principal inducteur exerce une résistance au mouvement de rotation, et que cette résistance doit être surmontée par la force mécanique qui fait tourner la bobine. Il y a donc toujours une dépense de travail mécanique accompagnant l'induction ; et cette dépense de travail mécanique, comme il est facile de s'en assurer, est proportionnelle au carré de l'intensité du courant principal inducteur, tant que la rapidité de la rotation reste constante.

Voici comment on opérait : On fermait d'abord le fil de cuivre de la bobine intérieure au moyen du fil de platine, sur lequel la pile thermoélectrique était fixée. Après cela, on mettait la bobine intérieure en mouvement, et quand la rapidité de la rotation était devenue constante (45 tours à la seconde), on faisait communiquer la bobine extérieure avec la pile galvanique en continuant la rotation pendant 30 secondes, puis l'on séparait la pile, et après un laps de temps de 20 secondes on lisait la déviation produite sur le galvanomètre par le courant thermoélectrique. Cette déviation représentait une mesure de la quantité de chaleur dégagée par le courant d'induction pendant 30 secondes. Cela posé, on a fait deux séries d'expériences semblables, avec la seule différence que l'on insérait le fil de platine avec sa pile thermoélectrique dans le courant principal. Dans une des deux séries la bobine intérieure était en rotation ; mais dans l'au-

tre, on la laissait immobile ; de sorte que dans un cas il y avait induction et pas dans l'autre. Au moyen des deux dernières séries on obtenait une mesure de la quantité de chaleur dégagée par le courant principal dans 30 secondes, soit quand il n'y avait point d'induction, soit quand le courant principal induisait. Mais on a trouvé que le courant principal produisait la même quantité de chaleur, qu'il induisît ou non. Dans une série d'observations on a obtenu sans induction une déviation de 166,6, et avec induction 166,9. Le dégagement de chaleur du courant d'induction dans la même série était 49,3. Il résulte de cela que l'induction du genre dont il est question ici, engendre un excédant de chaleur, et que cet excédant est précisément égal à la chaleur que dégage le courant d'induction. Mais la chaleur dégagée par le courant d'induction est proportionnelle au carré de l'intensité du courant d'induction, et cette dernière à son tour, conformément aux lois générales de l'induction, est proportionnelle à l'intensité du courant principal. Cet excédant de chaleur qu'on obtient par ce genre d'induction est par conséquent proportionnel au carré de l'intensité du courant principal. D'un autre côté, le carré de l'intensité du courant principal est proportionnel au travail mécanique employé pour surmonter la résistance à s'approcher ou s'éloigner qu'exercent l'un sur l'autre le courant principal et le courant d'induction. D'où il résulte que *lorsque des courants d'induction sont engendrés par le rapprochement ou l'éloignement du circuit induit du courant principal inducteur, il y a production de chaleur par l'induction. Dans ce cas, la production de chaleur est proportionnelle au travail mécanique employé pour approcher ou éloigner le circuit induit du courant principal inducteur.*

L'auteur a démontré par une déduction mathématique, que nous ne pouvons pas reproduire ici, que la variation dans le dégagement de la chaleur du courant principal, quand elle a lieu, est occasionnée par des courants d'induction d'un ordre supérieur qui sont engendrés par le courant primaire.

SUR QUELQUES RECHERCHES RÉCENTES

RELATIVES A DE

NOUVEAUX ÉLÉMENTS THERMO-ÉLECTRIQUES

D'UNE GRANDE ÉNERGIE.

Le peu d'énergie des piles thermo-électriques employées jusqu'ici, a nécessairement beaucoup limité leur emploi ; ce n'est guère qu'à la mesure des températures qu'elles ont pu être appliquées. Il est évident qu'il y aurait un grand avantage à avoir des éléments thermo-électriques d'une force électro-motrice considérable : il serait alors possible de remplacer les piles ordinaires, qui sont si pénibles à monter, si désagréables par l'odeur que répandent une partie d'entre elles, et si promptement épuisées, par des appareils toujours prêts à fonctionner et que l'on mettrait en activité en allumant un feu de charbon ou une flamme de gaz.

Quelques recherches récentes peuvent faire espérer que l'on atteindra ce but. Nous avons déjà signalé dans ce recueil [1] la découverte par M. Bunsen d'éléments thermo-électriques nouveaux beaucoup plus énergiques que ceux que l'on connaissait précédemment. Nous nous bornerons à rappeler ici que M. Bunsen emploie, en remplacement

[1] *Archives*, mars 1865, t. XXII, p. 243.

du bismuth, de la pyrolusite ou mieux encore de la pyrite cuivreuse. Un élément formé d'une lame de pyrite et de cuivre platiné, chauffé avec une lampe à gaz, possède une force électro-motrice dix fois plus considérable qu'un élément bismuth-antimoine dont les deux extrémités sont portées à des températures différant de 100°. Une pile de 10 de ces éléments est équivalente à un couple de Daniell de 14 centimètres carrés.

La publication de la note de M. Bunsen a engagé M. *Edmond Becquerel* à faire connaître quelques-uns des résultats auxquels il est parvenu, en attendant la publication d'un travail plus étendu sur ce sujet [1].

« Le soufre, dit-il, est une des substances qui modifient le plus profondément le pouvoir thermo-électrique des métaux, soit en les rendant plus positifs ou plus négatifs. Les sulfures d'argent, d'antimoine, de fer, de zinc ne présentent aucune action bien énergique; mais le sulfure de bismuth se comporte comme assez fortement négatif, et cela à un degré supérieur au bismuth lui-même. Les barreaux ou les plaques formés avec ce sulfure fondu sont assez fragiles ; mais comme cette matière se mélange par la fusion en toutes proportions avec le bismuth, il est facile d'obtenir des conducteurs assez résistants par un mélange de ces deux substances ; il est même remarquable que du bismuth qui contient une certaine quantité de sulfure est aussi négatif que ce dernier. Le mélange dont j'ai fait généralement usage est composé de parties égales de ces matières.

« Un couple thermo-électrique formé par le bismuth

[1] *Comptes rendus de l'Acad. des Sc.*, 1865, t. LX, p. 313.

ainsi sulfuré et le cuivre a une force électromotrice plus de trois fois supérieure à celle du couple ordinaire bismuth-cuivre dans les mêmes conditions de température et de conductibilité électrique. Je pense donc que ces couples pourront être employés avec avantage dans l'étude du rayonnement calorifique.

« Le protosulfure de cuivre fondu est éminemment positif par élévation de température par rapport aux autres substances minérales et métalliques ; mais cette matière exige pour cela un état moléculaire sans lequel ces effets électriques ne peuvent être observés. On lui donne cet état particulier en la fondant à une température peu supérieure à son point de fusion, et en la coulant dans des moules de façon à ce que les barreaux et les plaques présentent une cassure fibreuse ainsi que des bulles répandues çà et là dans la masse. Si on la fond à plusieurs reprises à une haute température et qu'on la coule en masses parfaitement homogènes, son pouvoir thermo-électrique est presque détruit. Je m'occupe actuellement des effets que l'on pourrait obtenir avec le sulfure de cuivre aggloméré par compression.

« Ce résultat curieux explique peut-être le motif pour lequel M. Bunsen a trouvé que la pyrite cuivreuse naturelle fondue perd en grande partie son pouvoir thermo-électrique ; car cette substance, quand on la fond, présente une homogénéité qui, en général, est contraire au développement des courants thermo-électriques : on sait, en effet, depuis longtemps, que les corps conducteurs à cassure cristalline sont ceux qui présentent sous ce rapport les actions les plus vives.

« Ces effets thermo-électriques différents produits par une même substance sont très-remarquables ; il est pos-

sible qu'ils soient dus à des modifications du même genre que celles qui se produisent par la trempe, l'écrouissage, etc., lesquelles changent les conditions thermo-électriques des corps[1].

« Le pouvoir thermo-électrique du protosulfure de cuivre fondu, préparé comme il vient d'être dit par une seule fusion, est tel qu'entre 0 et 100 degrés un couple formé par cette substance et le cuivre, a une force électromotrice qui est environ dix fois supérieure à celle d'un couple bismuth-cuivre, à égalité de conductibilité et dans les mêmes circonstances de température. Ce nombre n'est donné que d'une manière approximative, car le protosulfure de cuivre est difficilement obtenu toujours identique à lui-même. Des échantillons de peroxyde de manganèse m'ont paru moins positifs que le sulfure de cuivre; cette matière doit donc être placée entre le sulfure de cuivre et l'antimoine.

« La pyrite cuivreuse naturelle (double sulfure de cuivre et de fer) est au contraire fortement négative, comme cela résulte du reste de l'observation de M. Bunsen, et son pouvoir thermo-électrique est tel, qu'un couple pyrite cuivreuse et cuivre a une force électromotrice moindre que celle donnée par un couple sulfure de cuivre fondu et cuivre[2].

[1] Becquerel, *Résumé de l'histoire de l'électricité*, p. 156 et 157.

[2] Dans le couple pyrite de cuivre-cuivre, le cuivre est positif, tandis qu'avec le sulfure de cuivre il est négatif par élévation de température.

Il est probable, d'après ce qui a été dit plus haut, que l'état moléculaire de la pyrite cuivreuse naturelle influe sur l'intensité du courant thermo-électrique produit, et qu'avec des échantillons différents de cette matière on peut obtenir des effets plus ou moins énergiques; car, avec une plaque que j'ai eue à ma disposition, j'ai

« Le protosulfure de cuivre et la pyrite cuivreuse naturelle sont donc deux substances qui sont placées vers les limites opposées de l'échelle thermo-électrique des corps, la première étant éminemment positive et la seconde éminemment négative par élévation de température ; quant à présent, ce sont celles qui ont présenté les effets les plus énergiques. On devrait donc penser qu'en associant ces deux corps on pourrait construire des piles thermo-électriques assez puissantes. Mais si l'on remarque que l'on n'a pas toujours à sa disposition des échantillons de pyrite cuivreuse assez volumineux et qu'on ne peut les travailler avec facilité, mais qu'au contraire il est facile de donner par la fusion toute sorte de formes au sulfure de cuivre, on doit en conclure qu'il est préférable de construire simplement les piles thermo-électriques en associant le protosulfure de cuivre au cuivre, quitte à leur donner un nombre d'éléments un peu plus grand pour compenser la substitution du cuivre à la pyrite comme substance négative par élévation de température.

« Une des difficultés que l'on rencontre dans l'emploi du sulfure de cuivre obtenu dans l'état particulier dont il a été fait mention plus haut, c'est son faible pouvoir conducteur ; cependant, à mesure que la température s'élève, ce pouvoir conducteur augmente, et du reste l'on peut donner aux plaques ou aux barreaux de sulfure des dimensions suffisantes pour compenser leur défaut de

obtenu des nombres moindres que ceux qui sont cités par M. Bunsen pour exprimer le pouvoir thermo-électrique de cette matière. Ce qui peut le faire supposer, c'est que l'état moléculaire particulier que possède la pyrite cuivreuse, et qui lui donne son pouvoir thermo-électrique, négatif élevé, se perd en grande partie par la fusion, comme on l'a vu précédemment.

conductibilité ; d'un autre côté, les piles thermo-électriques en raison de cela donnent des courants qui franchissent plus facilement les circuits résistants.

« Pour donner une idée des effets que l'on peut obtenir avec des piles thermo-électriques de cette nouvelle forme, je citerai les résultats suivants :

« J'ai disposé une pile thermo-électrique de 10 éléments dont chaque couple était formé par un barreau cylindrique de sulfure de cuivre fondu de 10 centimètres de longueur sur 1 centimètre de diamètre, portant un fil de cuivre rouge enroulé à chaque extrémité et placé dans une petite éprouvette en verre. L'extrémité inférieure de ces couples plongeait dans une petite auge en cuivre formant bain de sable, de sorte que, les couples étant placés près l'un de l'autre, on pouvait porter simultanément une de leurs extrémités à une température de 300 à 400 degrés environ ; l'extrémité supérieure est restée dans l'air. Le bain de sable ayant été échauffé au moyen d'un petit fourneau longitudinal à gaz, on a eu un courant électrique qui est devenu bientôt constant et a présenté une force électromotrice à peu près égale à celle d'un élément de pile à sulfate de cuivre. On a pu s'en servir pour décomposer rapidement une dissolution de sulfate de cuivre et pour faire fonctionner le relais d'un appareil télégraphique, c'est-à-dire absolument comme on l'aurait fait dans les mêmes conditions avec un élément hydro-électrique de même résistance et de même force électromotrice.

« Cette pile ne pouvait donner le maximum d'effet, parce que la disposition longitudinale des barreaux et leur peu de longueur n'ont pas permis de refroidir les extrémités laissées dans l'air. Il est préférable de con-

struire chaque couple de sorte que l'une de ses extrémités puisse être refroidie ou maintenue à la température ordinaire. On peut les disposer alors, comme l'a fait M. Ruhmkorff pour les couples que je présente à l'Académie, au moyen de plaques de sulfure de cuivre de 9 centimètres de longueur sur 4 de largeur et 8 millimètres d'épaisseur, encastrées à leurs extrémités par des montants en cuivre rouge qui sont en relation avec des tiges massives de même métal. Les tiges en rapport avec les extrémités des couples qui doivent être échauffées sont horizontales, et en élevant leur température à l'aide de la flamme du gaz, on échauffe par conductibilité l'extrémité correspondante de la plaque de sulfure. Les autres tiges sont verticales, et plongeant dans de l'eau à la température ordinaire ou dans de la glace, servent à maintenir la seconde extrémité des plaques à une basse température. »

Cette communication de M. Becquerel a été suivie de la publication en Allemagne et en Angleterre d'autres travaux que nous allons passer en revue.

Nous donnerons d'abord la traduction d'un article des *Annales de Poggendorff* relatif à une pile thermo-électrique imaginée par un habile mécanicien, M. *Marcus*, auquel l'Académie de Vienne a accordé un prix de 2500 gulden pour cette découverte[1].

M. Marcus a communiqué à l'Académie de Vienne, le 16 mars de cette année, les faits suivants sur une pile thermo-électrique de son invention.

[1] *Poggendorff's Annalen*, 1865, t. CXXIV, p. 629.—*Anzeiger der K. Akad. zu Wien*, 1865, n° 8.

1. La force électromotrice d'un des nouveaux thermo-éléments équivaut à $^1/_{25}$ de celle d'un élément zinc-charbon de Bunsen, et la résistance intérieure égale 0,4 mètre du fil normal.

2. Six éléments de ce genre suffisent pour décomposer de l'eau acidulée.

3. Une batterie composée de 125 éléments a dégagé en une minute 35 centimètres cubes de gaz détonnant, bien que les conditions de la décomposition de l'eau fussent défavorables, car la résistance intérieure de la pile était beaucoup plus grande que celle du voltamètre intercalé dans le circuit.

4. Un fil de platine de $^1/_2$ millimètre de diamètre fond lorsqu'on le place dans le circuit.

5. Un électro-aimant sous l'action d'un courant de 30 éléments pouvait porter 150 livres.

6. Le développement du courant a lieu lorsqu'on chauffe l'une des faces de contact des éléments, tandis que l'on refroidit l'autre avec de l'eau à la température ordinaire.

Pour l'établissement de la pile en question il fallait d'une part faire le choix de deux corps propres à former un thermo-élément puissant, et d'autre part, trouver une disposition de chaque élément, relativement à l'échauffement et au refroidissement, qui permît de réaliser l'effet le plus utile. Le premier point constitue la partie physique du problème, le second la partie technique.

La solution de la première question exige :

a) Que les corps employés se trouvent placés aussi loin que possible l'un de l'autre dans la série thermo-électrique ;

b) Qu'ils permettent d'opérer avec une grande différence de température, sans qu'on soit obligé d'avoir recours à de la glace, condition qui ne peut être remplie que si les barreaux possèdent un point de fusion très-élevé ;

c) Que les matériaux dont on compose les barreaux soient à bas prix et que ceux-ci soient faciles à travailler ;

d) Enfin, que le corps isolant qui doit être employé pour l'assemblage des éléments puisse résister à des températures élevées et soit suffisamment solide et élastique.

Les piles composées de bismuth et d'antimoine, que l'on employait jusqu'ici, non plus qu'aucune autre combinaison de métaux simples ne remplissent ces conditions. S'appuyant sur le fait que les alliages n'occupent pas dans la série thermo-électrique des places intermédiaires entre celles des métaux dont ils sont composés, M. Marcus a été conduit à choisir les alliages suivants, qui répondent complétement aux conditions énoncées ci-dessus :

En premier lieu, pour le métal positif :

10 parties de cuivre ;

6 de zinc ;

6 de nickel.

L'addition de 1 partie de cobalt rehausse considérablement la force électromotrice.

Pour le métal négatif :

12 parties d'antimoine ;

5 de zinc ;

1 de bismuth.

Plusieurs fusions successives augmentent la force électromotrice de l'alliage.

En second lieu, dans la combinaison
peut remplacer le métal positif par de l'
gné par le nom d'Alpacca dans la fabriq
talliques de Triestinghofer.

En troisième lieu, on peut prendre co
sitif :

65 parties de cuivre ;

31 de zinc ;

et pour le négatif :

12 parties d'antimoine ;

5 de zinc.

Les deux barreaux ne doivent pas êt
fixés l'un à l'autre à l'aide de vis.

Le métal positif fond vers 1200° C., le
environ.

Dans ces éléments ce n'est que l'éc
métal positif qui influe sur le développ
tricité ; il faut donc trouver une disposit
de ne chauffer que celui-là, tandis que l
que transmise au métal négatif avec leq
tact. Il devient possible de cette manière
températures supérieures à 600° et par c
tenir des différences de température plus

Un fait intéressant relatif à la conversi
en électricité qui se produit dans cet appa
ce que l'eau qui sert à refroidir la secon
tact de l'élément, se réchauffe très-lente
circuit est fermé, et assez rapidement
l'ouvre.

La source de chaleur employée pour
mo-électrique est une flamme de gaz. Le
chaque élément est composé ne sont pa

mension. Le métal positif à 7″ de long, 7‴ de large et $^1/_2$‴ d'épaisseur ; le négatif 6″ de long, 7‴ de large, 6‴ d'épaisseur. M. Marcus relie 32 éléments les uns aux autres à l'aide de vis, de façon que tous les barreaux positifs se trouvent d'un côté, tous les négatifs de l'autre et forment ainsi une grille. La pile se compose de deux grilles semblables réunies par des vis sous forme d'un toit et renforcées par une tige de fer. Le mica a été choisi pour isolateur entre la tige de fer et les éléments. En outre, et particulièrement aux places exposées au contact de l'eau froide, les éléments sont enduits de verre soluble.

Pour refroidir les faces de contact inférieures des éléments on s'est servi d'un vase de terre rempli d'eau.

La pile dans son ensemblea une longueur de deux pieds et une largeur de six pouces sur six pouces de hauteur.

M. Marcus a annoncé, en outre, qu'il venait de construire un fourneau calculé pour 768 éléments, qui représentent de 30 éléments de la pile Bunsen zinc-charbon et qui consomment par jour 240 livres de charbon (environ 7 francs). Enfin, bien que le but que M. Marcus s'est proposé ne soit pas encore atteint, il croit cependant que la voie est toute tracée et qu'il n'y a qu'à la suivre.

A l'occasion de cette communication de M. Marcus, M. *J. Stephan* a examiné les propriétés thermoélectriques de plusieurs minéraux[1]. Il opérait de la manière suivante :

Le minéral était placé à l'extrémité d'une bande de cuivre ; sur le minéral on plaçait l'extrémité d'un fil

[1] *Anzeiger* der k. Akad. zu Wien, 1865, n° 9. *Pogg. Annalen*, 1865, t. CXXIV, p. 632.

et le tout était serré au moyen d'une presse. Ce fil ainsi qu'un autre fil fixé à l'extrémité libre de la bande de cuivre étaient reliés par l'intermédiaire d'un galvanomètre à grande résistance. On chauffait les bandes de cuivre à l'aide d'une lampe à esprit de vin. Pour composer un élément thermo-électrique avec deux des minéraux, on plaçait une bande de cuivre entre eux deux, et sur les côtés opposés libres on mettait le bout de deux fils; le tout était maintenu par une presse en bois. La partie libre de la bande de cuivre, introduite dans la flamme, ne servait qu'à conduire la chaleur au point de contact. Dans le tableau des éléments que nous donnons ci-dessous, le corps électropositif occupe toujours le premier rang. Le chiffre qui suit indique le nombre des éléments qui est nécessaire pour produire une force électromotrice égale à celle d'un couple de Daniell.

1. Pyrite cuivreuse feuilletée. — Cuivre : 26.
2. Pyrite cuivreuse compacte. — Cuivre : 9.
3. Pyrolusite. — Cuivre : 13.
4. Pyrite cuivreuse compacte. — Pyrite cuivreuse feuilletée : 14.
5. Cuivre. — Cobalt sulfuré cristallisé : 26.
6. Cobalt sulfuré grenu. — Cuivre : 78.
7. Cuivre. — Pyrite de fer : 15,7.
8. Pyrite cuivreuse compacte. — Pyrite de fer : 6.
9. Pyrite cuivreuse feuilletée. — Pyrite de fer : 9,8.
10. Cuivre. — Cuivre panaché (Buntkupfererz) : 14.
11. Galène compacte à gros grain. — Cuivre : 9,8.
12. Galène compacte à gros grain. — Cuivre : 9.
13. Galène en grands cristaux. — Cuivre : 9,8.
14. Galène compacte. — Cuivre panaché : 5,5.

M. Bunsen avait déjà examiné la pyrite cuivreuse et la pyrolusite. Ses expériences faites avec des exemplaires choisis ont donné des résultats qui s'accordent avec ceux qui sont indiqués ci-dessus, n°s 2 et 3. Les n°s 1, 2 et 3 montrent que la structure exerce une grande influence sur les propriétés thermo-électriques ; les expériences 5 et 6 témoignent de cette influence à un plus haut degré encore. Tandis que le cobalt sulfuré cristallisé est fortement négatif à l'égard du cuivre, la même substance amorphe est faiblement positive. Voici qui est encore plus frappant : dans l'élément 13 la galène était un groupe de cubes combinés avec des octaèdres. Un groupe formé seulement de cubes était négatif à l'égard du cuivre à quelques endroits, et positif à d'autres [1].

L'élément 14 est celui de tous ceux qui ont été examinés jusqu'à présent, qui possède la force électromotrice la plus grande. Il faut 18 éléments construits par M. Marcus, chauffés à la température la plus élevée possible, pour égaler un couple de Daniell. Les minéraux qui ont été soumis a l'expérience sont toutefois d'assez mauvais conducteurs de la chaleur, ce qui est un obstacle à un emploi plus général de ces éléments. Mais ces résultats sont d'une grande importance pour la physique terrestre ; aussi l'auteur se propose de continuer ces recherches, dès qu'il se sera procuré de plus amples matériaux.

Enfin nous avons encore à signaler une note qu'un

[1] M. Poggendorff rappelle à cette occasion quelques faits analogues observés soit par M. Marbach (*Comptes rendus de l'Académie des sciences de Paris*, 1857, t. XLV, p. 707), soit par M. Becquerel dans la note que nous avons reproduite plus haut.

physicien anglais, M. *W. Flight*, vient de publier [1]. En voici la traduction :

Le professeur Bunsen a déjà appelé l'attention sur les propriétés fortement électro-négatives des pyrites cuivreuses et de la pyrolusite, relativement au cuivre, ou à un alliage d'antimoine et de zinc, propriétés qui donnent à ces minéraux une grande valeur, pour la construction de piles thermo-électriques sensibles. Afin de compléter ces recherches, j'ai fait des expériences sur tous les minéraux conducteurs de l'électricité que j'ai pu me procurer, avec l'appareil suivant.

Deux pièces carrées de 10mm de côté, découpées dans une feuille épaisse de platine, ont été solidement fixées à une planche au moyen de tenons en fil de platine; ces pièces laissaient entre elles un espace ou rainure de 1mm de large; chacune d'elles était pressée contre un fil de platine, dont l'extrémité aboutissait à une vis de communication. Ces deux vis étaient reliées à un galvanomètre.

Un morceau de brique convenablement taillé, d'environ 120mm de long sur 21 de large, se terminait par une partie mince de 10mm de largeur, et entourée d'une lame de platine.

Pour éprouver un minéral donné au moyen de cet appareil, on en plaçait sur l'une des plaques de platine, un morceau gros comme un petit pois, et soigneusement nettoyé. Sur l'autre plaque, on plaçait un morceau d'antimoine de la même dimension. On prenait alors à la main le morceau de brique, et l'on chauffait son extrémité étroite recouverte de platine dans la flamme d'une

[1] *On the Thermo-electric....* Sur la tension thermo-électrique des minéraux, *Philosophical magazine*, Novembre 1865.

lampe de Bunsen ; puis, on la posait sur les deux substances, et l'on observait la déviation *initiale* de l'aiguille du galvanomètre. On substituait ensuite un morceau de bismuth au morceau d'antimoine, et on répétait l'expérience. On déterminait ainsi, d'après le sens de la déviation dans la seconde expérience, si le minéral étudié est compris entre le bismuth et l'antimoine, ou s'il est placé au delà de l'un de ces métaux dans la série thermo-électrique. Chaque minéral fut placé, à son tour, sur l'appareil, et comparé de la même manière avec les deux métaux sus-mentionnés, ainsi qu'avec les minéraux qui avaient été précédemment examinés, jusqu'à ce que sa position dans la série fût fixée. C'est ainsi que l'on a pu former le tableau suivant, dans lequel chaque substance est électro-négative avec toutes celles dont le nom est placé au-dessous.

Hématite (deux échantillons de la même localité).
Pyrite cuivreuse n° 1 (origine inconnue).
Pyrite cuivreuse n° 2 (mines de cuivre de Worthing, Australie du Sud).
Galène.
Pyrite de fer n° 1 (morceau irrégulier).
Plomb sélénié.
Pyrolusite.
Pyrite cuivreuse n° 3. (Rammelsberg, près Gosslar ; très-pure).
Psilomélane.
Pechblende.
Acerdèse (manganite).
Braunite.
Pyrite cuivreuse n° 4 (Dillenburg ; contient 27 °/₀ de pyrite de fer).
Bismuth telluré (Schemnitz, Hongrie).
Pyrite de fer n° 2 (un petit cube).
Pyrite cuivreuse n° 4 fondue.
Cuivre panaché (peacock copper ore).

Fer arsenical.
Étain oxydé (tinstone).
Magnétite.
Pyrite cuivreuse n° 1 fondue.
Pyrite cuivreuse n° 3 fondue.
Bismuth (artificiel).
Pyrite cuivreuse n° 2 fondue.
Cobalt arsenical (cobalt speiss).
Fer météorique (Atacama).
Nickel arsenical n° 1 (Kupfernickel).
Nickel antimonié-sulfuré (Nickel-antimony glance). Müssen, près Siegen.
Nickel arsenical n° 1 fondu.
Nickel arsenical n° 2.
Argent (artificiel, chimiquement pur).
Galène fondue.
« Spiegeleisen. »
Fer météorique (Aix-la-Chapelle).
Alliage d'antimoine et de cuivre.
Graphite n° 1, (très-compacte, employé pour la lumière électrique).
Pyrite magnétique fondue.
Cobalt sulfuré (Müssen, près Siegen).
Arsenic natif.
Nickel sulfo-arsenical (Nickel glance. Ems, Nassau).
Antimoine.
Pyrite magnétique.
Cuivre sulfuré (copper-glance) n° 1, fondu.
Sulfure de fer (pour la préparation de l'hydrogène sulfuré).
Pyrite de fer n° 1 fondue.
Étain sulfuré n° 1 ; (2 échantillons de la même localité).
Alliage de deux parties d'antimoine et 1 de zinc.
Graphite n° 2 (natif).
Sous-sulfure de cuivre n° 1.
Cuivre sulfuré n° 2 (Cornouailles).
Sous-sulfure de cuivre n° 2.
Cobalt sulfo-arsénical (cobalt glans).
Tellure n° 1 (chimiquement pur).
Tellure n° 2 (préparé par le professeur Liebig).

Pyrite arsenicale.
Minerai de Fahlun n° 1.
Minerai de Fahlun n° 2 (petit échantillon).
Cuivre sulfuré n° 3 (comté de Bristol, Amérique ; quatre échantillons de la même localité).
Minerai de Fahlun n° 2 (plus gros échantillon de la même localité).
Cuivre sulfuré n° 3, fondu.

Pour les substances qui sont au delà du bismuth d'un côté, et au delà de l'antimoine de l'autre, j'ai employé presque sans exception un galvanomètre, formé d'un grand nombre de tours d'un fil fin ; tandis que pour les minéraux qui sont compris entre les métaux ci-dessus mentionnés, il était nécessaire d'employer un instrument formé d'un petit nombre de tours d'un fil plus gros.

Outre les métaux mentionnés dans les tableaux ci-dessus, on a essayé plusieurs minéraux, sans obtenir de résultats intéressants. Quoique la pyrolusite, l'acerdèse, et la braunite soient citées plus haut, la hausmannite n'a pas donné de courant. Parmi des minerais contenant du fer, le fer spéculaire, l'hématite brune, le fer chromé, le fer spathique, la yénite n'ont produit aucune déviation de l'aiguille. On a aussi essayé la blende, mais elles ne conduisait pas l'électricité. D'autres minerais, en outre, tels que ceux qui contiennent des sulfures d'antimoine et d'argent, ont une fusibilité trop grande pour que leurs propriétés thermo-électriques puissent avoir quelque importance.

GÉOGRAPHIE MÉDICALE.

HISTOIRE DES ÉPIDÉMIES EN ITALIE.

(Annali delle Epidemie occorse in Italia dalle prime memorie fino al 1850 scritti dal Prof. Cav. *Alfonso Corradi.* 4°. Bologna, 1865.)

Les études de géographie médicale sont de plus en plus à l'ordre du jour parmi les médecins, et nous nous en réjouissons, car il en ressortira sans doute de nouvelles lumières sur l'étiologie et par conséquent sur la guérison des maladies endémiques et épidémiques.

Pendant longtemps les auteurs se sont bornés à étudier les différentes épidémies qui survenaient dans les différents pays, et ils en tiraient souvent des conclusions erronées à cause du point de vue tout spécial et exclusivement local auquel ils s'étaient placés. Mais depuis près d'un demi-siècle les travaux généraux se sont multipliés et ont pu réunir de nombreux documents privés ou officiels. Dès lors, l'on a pu écrire des ouvrages historiques comme ceux de Schnurrer : sa *Geographische Nosologie*, publiée en 1813, et sa *Chronik der Seuchen*, publiée dix ans plus tard, c'est-à-dire en 1823 ; d'Isensee : *Elementa nova geographiæ et Statistices medicinalis*, publiés à Berlin en 1833 ; de Fuchs : *Medicinische Geographie*, qui a paru dans la même ville et à la même

époque; de Muhry qui a publié plus tard, en 1856 et 1864, deux ouvrages de géographie médicale intitulés : *Die geographischen Verhältnisse der Krankheiten* et *Klimatographische Uebersicht der Erde*. La voie ouverte par ces différents auteurs a été suivie par le Dr Boudin qui a réuni dans deux volumes tout ce qu'il a pu récolter de faits relatifs au sujet qui nous occupe. Son *Traité de géographie et de statistique médicales et des maladies endémiques*, contenant des documents précieux et nombreux, a été publié en 1857. Dès lors, nous avons vu l'ensemble des maladies étudiées dans les différents pays par le Dr Hirsch, qui a réuni de précieuses données historiques et géographiques dans son ouvrage publié en deux volumes de 1860 à 1864 et intitulé : *Handbuch der historisch-geographischen Pathologie*. Enfin l'histoire des différentes épidémies a trouvé son annaliste dans le Dr Hœser, qui a mis à profit les immenses richesses des bibliothèques allemandes pour publier à Greifswald en 1862 une nouvelle édition de sa : *Bibliotheca epidemiographica*. Ainsi donc, les documents abondent désormais, pour tirer de ces ressources bibliographiques toutes les lumières nécessaires à la connaissance de la distribution des maladies, soit dans le temps, en remontant aux époques les plus reculées et descendant jusqu'à nos jours, soit dans l'espace, en réunissant les travaux relatifs aux maladies spéciales à certaines portions du globe ou à certaines localités.

Les matériaux relatifs à cette dernière portion de la géographie médicale deviennent de plus en plus nombreux, en sorte que l'on peut dès à présent étudier la répartition des maladies dans les différentes zones de notre globe, depuis les glaces du pôle jusqu'aux régions

brûlantes de l'Afrique ou de l'Asie, depuis les vastes plaines de la Russie et de la Sibérie jusqu'aux plus hauts plateaux, comme ceux du Mexique ou de la Suisse. Nous avons rendu compte l'année dernière de travaux relatifs au Mexique, et comparé quelques-unes des observations du Dr Jourdanet avec celles que l'on fait maintenant en Suisse[1]. Au reste, si nos lecteurs veulent suivre pas à pas les progrès de la géographie médicale, ils trouveront dans les revues que publie le prof. Seitz dans les *Annales de Cannstadt*, une appréciation aussi judicieuse qu'éclairée de toutes les publications récentes sur cet intéressant sujet.

L'ouvrage que nous annonçons est le résultat d'immenses recherches bibliographiques et il n'a pas fallu moins que la patience et la persévérance du prof. Corradi pour réunir des matériaux aussi complets sur les épidémies qui ont désolé l'Italie depuis les premiers temps historiques jusqu'à nos jours. Cet immense travail remplit déjà deux gros fascicules in-4° et ne réunit pourtant que les faits compris entre l'année 738 avant notre ère, c'est-à-dire à peu près quinze ans après la fondation de Rome (753), jusqu'en 1500.

Deux méthodes se présentaient au prof. Corradi pour étudier ce vaste sujet. Il pouvait suivre l'ordre chronologique ou bien classer les épidémies d'après leur nature et leurs traits caractéristiques ; cette dernière méthode eût sans doute laissé des notions plus concrètes dans l'esprit du lecteur, qui aurait pu suivre d'un seul coup d'œil les diverses apparitions et les différentes transformations d'une même maladie dans la suite des siècles.

[1] *Archives*, 1864, t. XXI, p. 112.

Mais, d'autre part, l'insuffisance des documents anciens rendait fort difficile la classification de maladies dont les symptômes sont le plus souvent trop incomplétement décrits pour pouvoir leur donner une place exacte dans la nosographie moderne. Aussi n'est-on point étonné que l'auteur ait préféré l'ordre chronologique, qui ne prête à aucune équivoque et qui permettra toujours aux auteurs subséquents de classer les maladies comme ils le jugeront convenable, en s'aidant des travaux les plus récents sur cet important sujet.

C'est une triste et lamentable histoire que le prof. Corrodi s'est chargé de passer en revue; l'on y voit toujours de terribles épidémies succéder aux intempéries de froid ou de chaleur, de pluies abondantes suivies du débordement des fleuves, et surtout aux nombreuses guerres des habitants de l'Italie entre eux ou avec les peuples barbares ou civilisés qui ont si souvent désolé leur beau pays. L'on peut suivre tous les progrès des fièvres typhiques et pétéchiales, de la variole, de la peste à bubons originaire d'Egypte, de la lèpre rapportée d'Orient par les croisés, du feu sacré, souvent appelé le feu de St-Antoine ou de St-Elme, qui d'après les commentateurs modernes, devrait être considéré comme une épidémie d'ergotisme, vu qu'il aurait paru après l'introduction de la culture du seigle en Italie et ne se serait montré que là où l'on fait usage de cette céréale. Citons enfin la maladie que les différents peuples désignaient du nom de leurs ennemis, mal *francese* en Italie, et maladie *napolitaine* en France, cette singulière forme d'affection syphilique qui régnait, dit-on, d'une manière épidémique et dont l'origine américaine, espagnole, française ou italienne a tant occupé les syphiliographes et surtout le

Dr Thienne, de Venise, qui a publié sur ce sujet des lettres aussi savantes que curieuses par les particularités historiques qu'elles contiennent.

Ceux qui désirent étudier comment les maladies ont été transportées par les émigrants ou par les armées peuvent apprendre de notre auteur que les Juifs dispersés après le siége de Jérusalem, en l'an 70 de notre ère, nous apportèrent les maladies de l'Orient. Ils peuvent suivre aussi les progrès de la terrible peste Antonine, rapportée de Syrie par l'empereur Lucius-Verus en l'an 167. Cette peste, qui régna depuis les bords du Rhin jusque dans les Gaules, occasionna une telle mortalité parmi les soldats qu'il fallut armer les gladiateurs et les esclaves. Les principaux commentateurs estiment que cette maladie épidémique fut probablement une rougeole ou peut-être la variole. Ce n'est cependant que beaucoup plus tard, au sixième siècle, que la première mention indubitable de cette dernière maladie a été signalée par plusieurs auteurs.

La vraie peste d'Egypte, celle qui s'accompagne de bubons, fit de nombreuses victimes à la suite du passage des troupes qui revenaient d'Orient en passant par la côte septentrionale d'Afrique.

Les épidémies du feu sacré qui se rattachent, suivant les commentateurs, à l'ergotisme, l'éléphantiasis et enfin la lèpre que rapportèrent les croisés, se montrèrent en divers lieux de l'Europe, où les pauvres malades qui en étaient atteints furent souvent massacrés par crainte de la contagion ou séquestrés dans les nombreuses ladreries ou léproseries que l'on retrouve partout en Europe.

C'est aux environs de 1492 que l'on signala les épi-

démies syphilitiques, *pestis venerea*, qui se répandirent partout avec les Juifs chassés d'Espagne.

Comme on le comprend, nous ne pouvons suivre l'auteur dans toutes les descriptions qu'il donne en suivant l'ordre chronologique. Lorsque son ouvrage sera complété, nous pourrons alors étudier chaque épidémie et en découvrir la nature d'après les récits combinés des historiographes des différentes pestes qui ont désolé l'Italie.

Ce que nous avons dit suffit pour montrer que le professeur Corradi a fait une étude complète de son sujet et a mis au jour de précieux documents enfouis jusqu'ici dans des chroniques locales ou dans des auteurs obscurs. Nous n'hésitons donc pas à dire qu'il a bien mérité de la science et il est à désirer qu'il puisse les continuer et les compléter par des recherches aussi consciencieuses que celles dont nous venons de parler.

Dr H.-C. Lombard.

BULLETIN SCIENTIFIQUE.

ASTRONOMIE.

Mittheilungen über die Sonnenflecken. Communications relatives aux taches du soleil, n°s 17 et 18, par M. le D^r et prof. Rodolphe Wolf, directeur de l'observatoire de Zurich.

M. le professeur Wolf, à travers les occupations que lui occasionne l'installation, dans la partie la plus élevée de la ville de Zurich, du nouvel observatoire astronomique qui fait partie des établissements de l'École polytechnique suisse, et dont la direction lui a été confiée, poursuit avec persévérance ses recherches sur les taches du soleil. Les n°s 17 et 18 de ses *Communications* sur ce sujet ont paru dans les mois de février et de juillet de cette année, et je me propose d'en présenter ici une analyse sommaire.

M. Wolf et son adjoint, M. Weilermann, ont constaté l'état du soleil sous le rapport de ses taches, dans 291 jours de l'année 1864 ; en y joignant le résultat des observations de MM. Schwabe à Dessau, Jenzer à Berne et Weber à Peckeloh, il a obtenu 353 jours d'observations complètes, 3 de données partielles; et il ne lui est resté ainsi, dans cette année-là, que 10 jours de totale ignorance sur ce sujet. Après avoir présenté, dans son n° 17, un tableau détaillé des nombres obtenus jour par jour, il en examine les résultats. Les observations n'indiquent que six jours dépourvus de taches, et le nombre des groupes a été de 130, soit 4 de plus qu'en 1863. Il y a eu donc anomalie sous ce rapport, car, d'après la période ordinaire, on devait s'attendre à une diminution, le dernier *maximum* de taches ayant eu lieu en 1860,

mière fois qu'il y a eu des irrégularités de ce genre ; les observations de l'année actuelle pourront servir à décider si ce n'est qu'une petite anomalie, ou si elle ressemble à celles qui se sont manifestées dans les deux siècles précédents. Ces anomalies sont analogues à celles que présente l'étoile η de l'Aigle dans la variabilité de son éclat, et elles tendent à faire présumer qu'il y a aussi quelque analogie dans les causes de ces phénomènes.

M. Wolf a observé, le 5 août 1864, vers le milieu du jour, dans sa lunette dirigée vers le ciel, un nombre assez considérable de ces corpuscules brillants floconneux, qui traversent le champ des lunettes avec des vitesses et des directions quelquefois inégales, et que M. Schwabe, en les signalant, a appelés en allemand *Lichtflocken*. M. Wolf a cherché, par la mesure des ajustements de l'oculaire de sa lunette correspondant à la vision distincte de ces petites images, de se faire une idée de leurs distances de l'œil de l'observateur, et il a trouvé ces distances comprises entre 400 et 4000 pieds. M. Waldner, amateur d'astronomie à Zurich, qui s'occupe depuis longtemps d'observer ces apparences, en les comparant avec la direction du vent, a trouvé que dans plus de la moitié des cas leur direction coïncide du plus au moins avec celle du vent, mais qu'elle en diffère souvent beaucoup et lui est quelquefois tout à fait opposée. Je suis disposé à croire, conformément à l'opinion que m'a énoncée, il y a déjà longtemps, le célèbre astronome Carlini de Milan, enlevé à la science il y a peu d'années, que dans bien des cas ces images brillantes tiennent au passage dans le champ des lunettes d'oiseaux éloignés, réfléchissant la lumière du soleil.

M. Wolf s'occupe ensuite de la liaison qui existe entre les variations diurnes de la déclinaison magnétique à diverses époques de l'année, celles des hauteurs méridiennes du soleil et les variations annuelles de la température. Il avait, l'un des premiers, constaté précédemment la coïncidence qui existe entre la période des taches du soleil, de dix à onze ans, découverte par M. Schwabe,

et celle des variations de la déclinaison magnétique, reconnue par MM. Sabine et Lamont. Il avait réussi, d'après cela, à représenter assez exactement par des formules, pour divers points de la terre, les variations annuelles moyennes de la déclinaison magnétique, en fonction de ce qu'il appelle les *nombres relatifs* des taches du soleil, c'est-à-dire les nombres qui indiquent, par leurs rapports entr'eux, la partie proportionnelle de la surface du disque solaire occupée par ces taches à chaque époque. Il s'est attaché, ensuite, à employer ces formules à l'étude de la marche des variations diurnes de la déclinaison magnétique dans les divers mois de l'année ; et c'est le résultat de ce dernier travail qu'il présente ici, en tableaux détaillés, mois par mois, d'après six années d'observations faites à Gœttingue, dix faites à Munich, neuf à Prague et sept à Hobarton en Australie. Je me bornerai à en indiquer ici la conclusion générale : c'est que les petites différences qu'on trouve entre les observations directes et le résultat des formules ont, dans l'un et l'autre hémisphère, leurs *maxima* vers les équinoxes et leurs *minima* vers les solstices. M. Wolf a comparé, pour la station de Prague, d'après des éléments météorologiques que lui a fournis M. le prof. Bœhm, la marche de ces différences avec celles que présentent les moyennes mensuelles des oscillations diurnes de la température, relativement à leur moyenne annuelle ; et il a trouvé une grande analogie entre elles, les plus grandes différences y correspondant aussi à l'époque des équinoxes et les plus petites à l'époque des solstices. Je puis ajouter que j'ai remarqué, il y a bien des années, que l'amplitude des oscillations diurnes régulières du baromètre était aussi en rapport avec celle de la température, et qu'elle atteignait souvent son *maximum* au printemps, comme celle de la déclinaison magnétique. Tous ces résultats tendent à confirmer l'opinion du Père Secchi sur la liaison existant entre les phénomènes météorologiques et magnétiques.

M. Wolf a inséré aussi, dans ce 17e fascicule, une étude de M. Fritz sur la répartition des taches du soleil, selon leurs latitudes

héliocentriques, d'après les observations de M. Carrington faites de 1853 à 1861. J'ai eu déjà l'occasion de parler dans ce Recueil du bel ouvrage publié sur ce sujet en 1863 par M. Carrington [1], dans lequel, en confirmation de quelques anciennes observations du père Scheiner, et de celles plus récentes de Sœmmering et de MM. Laugier et Péters, il a constaté, par une longue série d'observations exactes, le mouvement des taches en latitude et en a déterminé la marche. M. Fritz a dressé des tableaux et des courbes du résultat des observations de cet astronome, sous le rapport du nombre et de la position des taches en latitude, en regrettant fort qu'il n'ait pu les poursuivre jusqu'à la fin de la période d'environ onze ans qui en embrasse le cours moyen. Je vais énumérer rapidement les conclusions générales que M. Fritz a tirées de ce travail. Il n'a pas trouvé une grande différence entre la répartition des taches en latitude dans les deux hémisphères nord et sud du globe solaire. Les zones dans lesquelles il y en a le plus sont celles de $\pm$ 16 à 17 degrés de latitude héliocentrique. Le *minimum* des zones équatoriales correspond à l'équateur solaire lui-même. Le nombre des taches augmente régulièrement à partir de ce cercle jusqu'à $\pm$ 16°, puis diminue graduellement de 17 à 40 degrés. Il n'en paraît que rarement et exceptionnellement à de plus hautes latitudes. Les zones de taches qui se forment dans les hautes latitudes se rapprochent promptement de l'équateur, pour y disparaître après avoir accompli leur période. Aussitôt qu'une de ces zones est presqu'éteinte, il s'en développe, à une plus haute latitude, une nouvelle qui suit la même marche. Cette formation n'a pas lieu symétriquement, ni avec la même force, dans les deux hémisphères solaires, en sorte qu'elle a plus d'activité, tantôt dans l'un, tantôt dans l'autre.

Le n° 18 des *Mittheilungen* de M. Wolf renferme d'abord une nouvelle étude, faite par lui, de la marche moyenne du phénomène des taches du soleil. Il y donne un tableau des nombres relatifs de ces taches, mois par mois, pendant quatre périodes con-

[1] Voir *Archives*, numéro de janvier 1865, p. 62.

sécutives, de onze ans chacune, comprises entre
inclusivement, ainsi que les moyennes de ces
considérés par petits groupes consécutifs. Ce
de construire des courbes qui représentent la prog
bre et de l'étendue des taches sur le disque per
nées. La courbe correspondant aux nombres r
en prenant ces nombres pour ordonnées et le te
ses, présente des dentelures assez multipliées, qu
toujours facile d'apprécier la marche générale
Celle des moyennes de groupes consécutifs offre
gularité. La distance moyenne des principales de
pond assez exactement à la durée de la révoluti
Vénus, et la période comprenant l'ensemble de l
dites dentelures est à peu près égale à la révolu

M. Wolf avait déjà fait voir en 1859, dans le
theilungen, que ces deux planètes paraissent exer
prépondérante sur le phénomène des taches du
les recherches des astronomes anglais ont con
MM. Warren de la Rue, Balfour Stewart et Lœ
soit d'après les observations de M. Carrington, soi
tographies du soleil exécutées à l'observatoire d
sure que le soleil se rapproche d'une planète le no
diminue et l'éclat du soleil augmente. Ainsi, par
que moyenne des plus grands abaissements de la c
pes de nombres relatifs de M. Wolf correspond
1839, et elle coïncide avec le périhélie de Vénus

La moyenne des nombres relatifs mensuels des
de onze ans donne lieu aussi à une courbe qui repr
moyenne de la dite période avec ses inégalités.
autres, qu'environ deux ans après le principal *ma*
un autre moindre. Quant à la marche séculaire
on peut reconnaître que la production des taches
gique dans les 30[es] et 40[es] années du siècle actu
dizaines d'années précédentes et suivantes. Mais

serve d'entrer ultérieurement dans plus de développements à ce sujet.

Il présente ensuite un tableau, où se trouvent groupés ses nombres relatifs annuels moyens de 1746 à 1853, en adoptant successivement pour la période des taches : 1° la durée de la révolution de Jupiter de 11 ans, 86 ; 2° la période de 11 ans, 11 résultant de ses recherches précédentes ; 3° la période de 10 ans, 43 que M. Lamont croit être la vraie. M. Wolf conclut de la comparaison des courbes auxquelles donnent lieu ces trois groupes, que sa période est la seule qui remplisse suffisamment les conditions qu'on peut attendre d'une période moyenne, pour un phénomène sujet à certaines inégalités de marche. Il fait voir aussi que les formules d'après lesquelles il a calculé à l'avance, d'après le résultat des observations des taches du soleil en 1864, quelle avait dû être à Prague et à Christiania, à la même époque, la variation diurne moyenne de la déclinaison magnétique, se sont bien accordées avec le résultat des observations de l'aiguille aimantée faites en ces deux localités.

Je n'ai encore parlé que des recherches constituant la première et la principale partie des numéros 17 et 18 des *Mittheilungen* de M. Wolf : mais je dois dire aussi quelques mots sur les articles détachés de bibliographie relative aux taches du soleil, qui terminent l'un et l'autre de ces fascicules. Ces articles de *Sonnenfleckenlitteratur*, font suite à un grand nombre d'autres insérés dans les fascicules précédents, et ils portent les numéros 198 à 214. Ils sont très-inégaux dans leur étendue et dans l'époque des publications dont ils présentent parfois une courte analyse. On y trouve, par exemple, une simple énumération des titres et des auteurs de divers articles sur les taches du soleil insérés dans les numéros 1197 à 1486 des *Astronomische Nachrichten*. M. Wolf y indique de même les articles sur ce sujet contenus dans la première série de la *Bibliothèque universelle* de Genève, et il donne, à cette occasion, quelques renseignements intéressants sur les observations de ce genre faites, de 1815 à 1823, soit à l'observatoire de Genève par

M. le professeur Marc-Auguste Pictet, soit surtout à Beaulieu, près de Rolle, par M. Eynard-Chatelain. Il entre aussi dans quelques détails sur les recherches plus récentes de MM. Carrington, Secchi, Jenzer, Kluge, Heis, Kühn, Spörer et Lamont. Je donnerai ici un court extrait des articles concernant ces deux derniers savants.

M. le Dr Spörer a déjà publié plusieurs mémoires importants sur les taches du soleil, d'après une longue série d'observations faites à Anclam en Poméranie, dont les détails paraissent successivement dans les *Astronomische Nachrichten*. Il en a été fait mention dans deux communications sur ce sujet de mon neveu, M. Émile Gautier, insérées dans les tomes XIX et XXIV des *Archives*. M. Wolf, après avoir rapporté les principaux éléments numériques que M. Spörer a déduits de ses observations, s'exprime en ces termes au sujet de ses idées théoriques : « Sans vouloir entrer dans la discussion, fondée sur des faits, qui contraint presque M. Spörer à considérer les taches comme analogues à des nuages, et à passer ainsi de la théorie d'Herschel à celle de Kirchhof; tout en n'envisageant point la question générale comme résolue encore, je suis entièrement d'accord avec M. Spörer qu'on ne peut regarder comme bien fondée aucune hypothèse sur le soleil qui rende ses taches dépendantes de points déterminés de la surface de cet astre. Je dois ajouter seulement, pour expliquer mon point de vue, qu'aucune hypothèse n'est suffisante, si elle ne tient compte de la périodicité du nombre des taches, et qu'aucune d'elles n'est admissible, si elle requiert l'égalité de durée des diverses périodes. » M. Spörer explique les mouvements des taches qu'il a observés, en supposant que des vents d'ouest prédominent dans les zones solaires équatoriales et les vents d'est à de plus hautes latitudes ; les grandes variations de vitesse des orages solaires lui paraissent liées aux changements d'aspect des taches.

M. Lamont, qui dirige depuis un grand nombre d'années l'observatoire de Bogenhausen, près de Munich, n'est, comme nous l'avons vu plus haut, pas d'accord avec M. Wolf sur la durée

exacte de la période des taches et des variations magnétiques, et il paraît avoir critiqué assez vivement les recherches de notre estimable ami et confédéré, dans un article du second cahier des *Comptes Rendus* de l'Académie des sciences de Bavière pour 1864. M. Wolf s'attache à réfuter en détail les assertions de M. Lamont, tout en restant dans une mesure convenable vis-à-vis d'un savant aussi distingué et avancé en âge. Il est certainement possible qu'on n'ait pas encore obtenu, pour la période moyenne de ces variations, une valeur fondée sur un nombre suffisant d'observations exactes : mais cela ne diminue nullement le mérite des recherches si actives et consciencieuses de M. Wolf, et je suis fort disposé à croire que ses résultats sont actuellement les plus dignes de confiance. Il a été, si je ne me trompe, après M. Schwabe, le premier à provoquer de nouveau, soit par ses propres observations, poursuivies à Berne et à Zurich depuis bien des années, soit par l'étude assidue de celles des autres astronomes et par les conclusions qu'il en a tirées, l'intérêt du monde savant sur le sujet des taches du soleil, qui est maintenant si fort à l'ordre du jour, après avoir été assez longtemps presque perdu de vue. Il a fait voir la liaison remarquable qui existe entre ce phénomène, celui des variations magnétiques et celui des aurores boréales, et il continue toutes ces études avec un zèle très-digne d'éloges, en fournissant aussi, par ses publications, des matériaux pour des recherches ultérieures. M. Wolf me paraît avoir ainsi notablement contribué à avancer nos connaissances dans cette partie de l'astronomie, et on a tout lieu d'espérer qu'il lui fera faire encore de nouveaux progrès.

ALFRED GAUTIER.

PHYSIQUE.

H. Knoblauch. Ueber die Diffusion... Sur la diffusion des rayons calorifiques. (*Poggendorff's Annalen*, t. CXXV, p. 1).

Voici la traduction du résumé que M. Knoblauch donne de son mémoire [1] :

1. La transmission de la chaleur rayonnante au travers d'une plaque diathermane mate, pour une quantité constante de chaleur incidente, est d'autant plus forte que la source d'où les rayons émanent directement, est plus rapprochée ou plus énergique; il en est de même si l'on opère avec la lumière solaire, dont les rayons sont diffusés par transmission ou par réflexion.

Cet effet est d'autant plus marqué que la surface de la plaque diathermane est plus rugueuse, de sorte que si l'on augmente la rugosité de la plaque, leur faculté de laisser passer la chaleur est d'autant moins troublée que l'étendue ou le rapprochement de la source est plus grand.

Une augmentation de la diffusion des rayons calorifiques produit le même effet que ces changements de distance ou de dimension de la source.

2. En inclinant une plaque diathermane mate, sur laquelle les rayons calorifiques tombaient d'abord normalement, l'angle formé par cette plaque et les rayons au moment où l'on atteint le maximum de transmission au travers d'un second écran dépoli, est d'autant plus petit que la première plaque est plus rugueuse. La valeur absolue de ce maximum augmente avec cette rugosité.

3. La transmission au travers de deux plaques également mates, diminue quand on écarte ces plaques l'une de l'autre, si en laissant l'une d'elles dans sa position primitive au devant de la

[1] On se rappelle que M. Knoblauch avait publié précédemment, sur le même sujet, un travail étendu dont nous avions également reproduit les conclusions. (Voyez *Archives*, 1864, t. XIX, p. 244.)

pile thermo-électrique, on éloigne l'autre de la pile ; si, au contraire, on rapproche de la pile la plaque qui en est la plus voisine, en laissant immobile la plaque située du côté de la source, on diminue la transmission ; en déplaçant les deux plaques à la fois en sens contraire la transmission peut ne pas être altérée.

Les différences sont le plus sensibles quand on opère avec des rayons parallèles. En augmentant la diffusion des rayons, aussi bien qu'en rapprochant ou agrandissant la source calorifique, on obtient une diminution de ces différences en même temps qu'une augmentation générale de la transmission.

4. La transmission au travers de deux surfaces inégalement rugueuses est dans ses traits essentiels soumise aux mêmes lois ; cependant pour obtenir la compensation mentionnée ci-dessus, il faut déplacer les lames de quantités très-inégales dans des directions opposées.

Les différences qui se produisent lorsqu'on fait varier l'écartement des lames sont plus petites ou plus grandes, suivant que c'est la plaque la moins rugueuse ou la plaque la plus rugueuse que l'on déplace. Si on les déplace toutes deux de quantités égales, c'est l'influence de la plus rugueuse qui prédomine.

Si l'on combine successivement une certaine plaque mate avec une seconde surface plus rugueuse qu'elle, puis ensuite avec une autre surface encore plus rugueuse que la seconde, on trouve que c'est le premier arrangement qui permet la transmission la plus forte, et le second arrangement qui donne lieu aux plus grandes différences dans les circonstances indiquées.

Si l'on change les surfaces de place, on trouve toujours que la transmission au travers des deux est plus forte quand la surface la plus rugueuse est la plus voisine de la pile thermo-électrique. Cette différence résultant du renversement de position augmente avec la différence de rugosité entre les deux plaques, avec leur écartement l'une de l'autre, avec leur rapprochement de la pile, avec l'éloignement et la petitesse de la source de chaleur, et enfin, avec la diminution de diffusion des rayons émanant de la source. Le maximum se produit quand les rayons sont parallèles.

5. Tous ces phénomènes peuvent se déduire de la manière dont se comportent des écrans dépolis pris isolément, avec lesquels la proportion de chaleur transmise augmente d'un côté avec leur rugosité, ou, en général, avec leur pouvoir diffusant quand on les approche de la pile, et, d'autre part, avec la diminution de la diffusion des rayons calorifiques incidents ou leur passage au parallélisme.

On a par là un moyen de conclure du degré d'augmentation de la transmission lorsqu'on rapproche l'écran diffusant de la pile, à son pouvoir diffusant propre aussi bien qu'à la quantité de diffusion des rayons calorifiques incidents.

Il suit de là qu'un corps diathermane rugueux ou trouble ne possède pas un pouvoir diathermane ou absorbant constant pour une même espèce de rayons. Pour une même source de chaleur, de deux écrans de cette nature, c'est tantôt l'un tantôt l'autre qui pourra être le plus diathermane.

Sous tous ces rapports divers, les écrans diffusants se distinguent des corps diathermanes limpides et polis, aussi nettement que cela pourrait se faire par l'absorption élective pour les rayons calorifiques.

CHIMIE.

J.-S. STAS. NOUVELLES RECHERCHES SUR LES LOIS DES PROPORTIONS CHIMIQUES, SUR LES POIDS ATOMIQUES ET LEURS RAPPORTS MUTUELS. (*Mémoires de l'Académie royale de Belgique*, t. XXXV.)

Il y a cinq ans, je rendais compte dans ce recueil[1] d'un mémoire de M. Stas sur ce même sujet. Après avoir donné à ce remarquable travail les éloges qu'il méritait, après avoir déclaré que l'auteur me paraissait avoir atteint dans ses expériences la limite la plus élevée que l'on puisse espérer de l'exactitude possible dans des recherches de cette nature, je me permettais d'émettre quelques doutes, non sur l'exactitude de ses déterminations, mais sur la certitude de la conclusion qu'il en tirait, savoir

[1] *Archives*, 1860, t. IX, p. 97.

qu'il n'existe aucun rapport simple entre les poids atomiques des corps. J'exprimais le vœu de voir ces déterminations reprises par des méthodes plus variées, afin qu'il fût bien constaté que les variations qui en résulteraient dans les poids atomiques, étaient loin d'atteindre les différences qui se manifestent entre les nombres ainsi obtenus et ceux qu'il faudrait admettre si l'on suppose des rapports simples entre les poids atomiques des différents corps, et que ces différences ne peuvent point être attribuées à des anomalies dans la composition des combinaisons dont l'analyse a servi à la détermination des poids atomiques.

M. Stas, dans la préface de son nouveau mémoire, s'élève contre cette objection en en exagérant la signification ; il la considère comme la négation du principe des proportions définies et de l'invariabilité des poids atomiques. Je ne lui ai jamais donné une telle portée. Je n'avais jamais eu l'idée de mettre en doute ce principe fondamental de la chimie. Mais je me demandais s'il ne peut pas arriver que certains composés, quoiqu'ils nous paraissent offrir des caractères bien définis, et une composition constante, puissent renfermer un petit excès de l'un ou de l'autre de leurs éléments par suite des conditions particulières que l'on a dû remplir pour leur préparation ou leur purification. Je citais comme exemple l'acide sulfurique monohydraté dont on a cru pendant longtemps qu'il devait avoir une composition parfaitement définie quand il avait été amené à ne plus éprouver d'altération par l'ébullition, tandis qu'il est certain maintenant qu'il renferme alors un excès d'eau. Ce qui n'empêche nullement qu'il n'existe bien un monohydrate à composition parfaitement normale que l'on obtient par cristallisation.

Ce doute que j'exprimais alors, j'avoue que je le conserverai pour chaque composé jusqu'au jour où il aura été constaté par des expériences comparatives rigoureuses que les méthodes employées pour sa préparation le fournissent bien dans un état de pureté absolue.

Je m'empresse de dire que les nouvelles expériences de M. Stas

établissent d'une manière certaine pour moi que l'objection que j'avais soulevée ne s'est trouvée fondée pour aucun des corps sur lesquels ce savant avait basé ses déterminations. Mais ses travaux mêmes nous montrent quelle réserve il faut garder avant que de certifier qu'on a obtenu un corps pur. N'a-t-il pas constaté en effet que l'iodate d'argent préparé au moyen de l'azotate de ce métal ne peut par aucun moyen être débarrassé d'un excès de ce sel, et qu'il lui a été absolument impossible jusqu'ici d'obtenir un chlorure de potassium qui ne contînt pas une trace d'acide silicique? Si certains corps ne peuvent être complétement purifiés du mélange avec une substance étrangère, ne peut-il pas arriver aussi qu'ils renferment à l'état de mélange un excès de l'un de leurs éléments?

Quoi qu'il en soit, je ne regrette point d'avoir soulevé ces objections, si elles ont contribué pour quelque chose à la production de la nouvelle série de recherches que vient de publier M. Stas. C'est un magnifique travail qui restera comme un modèle d'admirable patience, de persévérance à surmonter toutes les difficultés, et de méthodes ingénieuses pour porter au plus haut degré la précision dans les expériences d'analyse et de synthèse.

Mais il serait impossible d'en donner une idée par un extrait. C'est un livre à consulter par tous les chimistes qui voudront se vouer à des recherches exigeant une grande exactitude. Je dois me borner à signaler quelques-uns des résultats les plus importants obtenus par l'auteur.

Un premier mémoire est destiné à établir la constance des proportions chimiques. Dans ce but, M. Stas détermine d'abord le rapport entre le chlorure d'ammonium et l'argent, en faisant varier les conditions de préparation du premier sel et en déterminant sa réaction sur la dissolution d'argent, soit à froid, soit à 100 degrés. La constance des résultats obtenus dans ces diverses circonstances prouve que le chlorure d'ammonium et le chlorure d'argent ne présentent aucune variation appréciable dans leur composition.

Une autre preuve de l'invariabilité des proportions chimiques est donnée par une série d'expériences relatives à la transformation du chlorate, du bromate et de l'iodate d'argent, sous l'influence désoxydante de l'acide sulfureux, en chlorure, bromure et iodure. M. Stas montre, en prenant les précautions les plus minutieuses et en opérant sur des poids de matière très-considérables, que ces transformations s'opèrent avec la plus parfaite exactitude, sans qu'aucune trace d'argent ou de chlore, de brome ou d'iode se trouve en excès.

Dans les mémoires suivants, M. Stas reprend, soit par les mêmes méthodes, soit par de nouvelles, la détermination des poids atomiques qu'il avait déjà établis il y a quelques années, et répondant par là au vœu que j'avais exprimé, il montre que diverses méthodes, reposant sur l'analyse ou la synthèse de composés tout à fait différents, conduisent à des résultats presque identiques, ce qui donne une nouvelle confirmation de la loi des proportions chimiques. Je cite comme exemples les résultats obtenus pour l'argent et pour l'azote.

Le poids atomique de l'argent est en moyenne :

1° Par la synthèse	du sulfure	et l'analyse	du sulfate		107,920
2°	»	de l'iodure	»	de l'iodate	107,928
3°	»	du bromure	»	du bromate	107,921
4°	»	du chlorure	»	du chlorate	107,937

Le poids atomique de l'azote est :

D'après le rapport	du chlorure	de potassium	à l'azotate	14,043
»	»	de sodium	»	14,048
»	»	de lithium	»	14,046
»	»	d'argent	»	14,044
D'après les synthèses de l'azotate d'argent				14,042

On peut juger par la comparaison de ces nombres à quel degré de précision l'auteur est parvenu dans des recherches si difficiles, et combien il est impossible d'attribuer à des erreurs d'expériences les différences qui se manifestent entre ces nombres et ceux qu'exigerait la loi de Prout, savoir 108 pour l'argent, et 14 pour l'azote.

Enfin, comme résumé de cet immense travail, voici les poids atomiques qui résultent pour quelques corps simples des expériences de M. Stas. J'ai mis en regard de ses déterminations récentes celles qu'il avait obtenues dans son premier travail, pour montrer combien peu celles-ci avaient dû être modifiées, malgré les précautions inouïes auxquelles il s'est assujetti dans ses nouvelles expériences. Ces nombres sont rapportés au poids atomique 16 adopté par hypothèse pour l'oxygène; j'ai fait entrer dans ce tableau le poids atomique de l'hydrogène tel que l'auteur l'admet comme le plus probable d'après l'ensemble des recherches relatives à ce corps.

	1865.	1860.
Oxygène	16	16
Hydrogène	1,025	—
Argent	107,930	107,943
Azote	14,044	14,04
Brôme	79,952	—
Chlore	35,457	35,46
Iode	126,850	—
Lithium	7,022	—
Potassium	39,137	39,13
Sodium	23,043	23,05
Soufre	—	32,074
Plomb	—	206,91

L'examen de ces nombres justifie entièrement, suivant M. Stas, la conclusion qu'il avait formulée à la suite de son premier travail, savoir que la loi de Prout est une pure illusion, et qu'il n'existe aucun rapport simple entre les poids atomiques des corps.

Je ne saurais plus maintenant élever aucun doute sur l'exactitude des résultats numériques qui précèdent, et je reconnais parfaitement avec M. Stas que les poids atomiques des corps n'offrent point rigoureusement entre eux les rapports simples qu'exigerait l'hypothèse de Prout. Mais il m'est impossible d'admettre

que ce soit un simple effet du hasard qui fasse que, sur ces douze corps, neuf au moins aient des poids représentés par des nombres qui ne diffèrent de nombres entiers que de quantités infiniment plus faibles que celles que le calcul des probabilités aurait fait prévoir. En effet, l'écart moyen qui, pour un aussi grand nombre de corps, devrait se rapprocher de 0,5, n'est en moyenne que de 0,103, même en faisant rentrer le chlore dans ce calcul général ; il est seulement de 0,068, si on laisse de côté cet élément comme appartenant peut-être à un autre groupe.

Au reste, il me paraît inutile de rentrer dans cette discussion, car je ne pourrais que répéter les observations que j'avais présentées à la suite du premier mémoire de M. Stas.

J'ajouterai seulement que cette question ne pourra être résolue avec une grande probabilité que lorsque les poids atomiques de la plupart des corps nous seront connus avec autant de certitude que ceux qu'a déterminés M. Stas. Mais si, dans ces déterminations futures, on retrouve la même proportion de corps dont les poids se rapprochent d'une manière aussi remarquable de nombres entiers, il me semble impossible de ne pas ranger la loi de Prout à côté des lois de Mariotte et de Gay-Lussac, et de ne pas admettre l'existence d'une cause essentielle en vertu de laquelle tous les poids atomiques devraient présenter des rapports simples, et de causes secondaires qui amènent de légères perturbations de ces rapports. C. M.

L. Troost. Recherches sur le zirconium. (*Comptes rendus de l'Académie des sciences*, t. 61, pag. 109.)

L'auteur a obtenu le zirconium cristallisé en chauffant à la température de fusion du fer, dans un creuset de charbon, 1 partie de fluozirconate de potassium avec 1 $^1/_2$ partie d'aluminium. La masse restante contient, outre du zirconium, un alliage de zirconium et d'aluminium ; on la traite par de l'acide chlorhydrique

étendu de deux fois son volume d'eau : les lame
sont mises à nu avant celles de l'alliage, on les sé
bord. A une température plus basse, c'est presqu
l'alliage qui prend naissance.

Le zirconium cristallisé est une substance très-
lante, ressemblant à l'antimoine par son éclat, s
fragilité. Les lames qui ont souvent un centimètr
qu'une épaisseur de un à deux dixièmes de millimè
paraît appartenir au prisme rhomboïdal oblique.
zirconium cristallisé, presque égale à celle de la
4,15. Le zirconium est moins fusible que le sili
l'attaque à peine au rouge blanc. Il brûle à la
tonnant ; sa combinaison avec le chlore s'effectue a
la potasse en fusion l'attaque avec dégagement d
acides sulfurique, azotique et chlorhydrique att
nium quand ils sont chauds et concentrés ; l'act
gale est très-lente à froid, la chaleur la rend be
pide. Le véritable dissolvant du zirconium est l'aci
qui le dissout, même lorsqu'il est étendu et froid

Le zirconium paraît exister aussi sous la for
on l'obtient ainsi en décomposant du zirconate
fer, à la température de fusion du cuivre.

Prof. BAHR. UMKEHRUNG..... RENVERSEMENT DES
TION DU SPECTRE DE L'ERBIUM (*Ann. der Chi*
t. CXXXV, p. 376).

L'auteur a réussi à renverser d'une manière
raies d'absorption de l'erbine (et de la terbine ?
former en raies brillantes qui le cèdent à peine e
teté à un spectre de matière gazeuse.

Si l'on plonge un fil mince de platine dans u
rupeuse de nitrate ou de chlorure erbique et qu

la flamme d'un bec de Bunsen, il se forme une masse spongieuse d'erbine qui brille avec une lumière intense, verte, douée de plus d'éclat encore que celle de la zircone. Cette lumière examinée au spectroscope montre un spectre continu sur lequel apparaissent les raies brillantes. Ces lignes correspondent avec celles du spectre d'absorption que montre la dissolution d'erbine.

M. Bahr n'a pas réussi à obtenir de cette manière un spectre brillant avec l'oxyde de didyme, ce qui semble prouver que la bande d'absorption foncée que les dissolutions d'erbine montrent près de D de Fraunhofer n'est pas due à un mélange de didyme, comme on pourrait le croire. M. D.

— —

J. JEANNEL. RECHERCHES SUR LES SOLUTIONS SALINES SURSATURÉES. (*Comptes rendus de l'Acad. des scienc.*, t. LXI, p. 412.)

M. Jeannel n'admet pas que la cristallisation des solutions sursaturées soit due au contact de particules salines flottant dans l'atmosphère.

La solution sursaturée de tartrate de soude cristallise dans une cornue privée d'air et fermée à la lampe.

Les parois solides du vase s'opposent plus ou moins à la cristallisation: lorsque leur surface prédomine sur la masse du liquide, celui-ci ne peut se prendre en masse, etc.

MINÉRALOGIE. GÉOLOGIE.

Prof. J.-W. DAWSON. ON THE STRUCTURE... SUR LA STRUCTURE DE CERTAINS RESTES ORGANIQUES DES CALCAIRES LAURENTIENS DU CANADA.—Prof. W.-B. CARPENTER. ADDITIONAL NOTE... NOTE ADDITIONNELLE SUR LA STRUCTURE ET LES AFFINITÉS DE L'EOZOON CANADENSE. (*Quart.Journ. of the Geol. Sc.*, 1865, t. XXI, p. 51.)

Le système laurentien, fort développé au Canada, est formé des roches les plus anciennes du globe. Ces roches sont cristallines,

stratifiées et composées de masses alternantes de calcaires et de gneiss. Elles sont souvent pénétrées de roches ignées massives. Leur ensemble présente une épaisseur de 10000^{m}. Le système huronien, qui lui est superposé, compte 5500^{m}; au-dessus apparaît la faune primordiale. Vers le milieu du système laurentien se trouvent des calcaires cristallins qui ont été pénétrés par voie humide de serpentine et de pyroxène:

Ces calcaires, dans lesquels on n'avait jamais reconnu de débris d'êtres organisés, ont présenté depuis peu d'années un fait d'une haute importance pour la géologie et la paléontologie.

Sir W.-E. Logan y découvrit les restes d'un animal qui a été étudié avec grand soin par M. J.-W. Dawson et rapporté par lui à l'ordre des Foraminifères. M. W.-B. Carpenter a confirmé cette manière de voir par l'examen d'autres échantillons et a éclairci certains points restés obscurs. Enfin M. Sterry Hunt en compléta la découverte par une étude minéralogique [1].

Les débris de la coquille de cet animal, nommé par M. J.-W. Dawson *Eozoon canadense*, constituent des bancs de roche qui ont des analogies avec ceux formés de nos jours par les polypiers.

Sa structure, assez différente de celle des Foraminifères, a pu cependant être rapportée à celle de ce groupe; sa taille est fort variable, mais généralement considérable. Il offre tantôt l'apparence de cylindres irréguliers, tantôt celle de masses volumineuses, un peu aplaties, sessiles, dont le grand diamètre est environ 0^{m}30 et l'épaisseur 0^{m}10 à 0^{m}12. Sa croissance se faisait par l'addition de couches successives.

Le test calcaire a été conservé; le sarcode est remplacé par de la serpentine ou du pyroxène. Ces conditions donnent à l'étude compliquée de cet organisme une certaine facilité.

Pour en examiner la structure, des plaquettes d'une ténuité extrême sont placées sur le champ du microscope. La différence de teinte et de transparence entre le calcaire et la serpentine permet les observations. Des conduits pénétrés de ce silicate n'ont

[1] *Quarterly Journal of the Geol. Soc.*, 1865, t. XXI, p. 67.

pu être observés qu'à un grossissement de 200 diamètres, preuve suffisante de l'extrême finesse avec laquelle la serpentine a pu s'infiltrer dans toutes les cavités de la coquille.

En détruisant le calcaire par l'acide chlorhydrique, la serpentine et le pyroxène restent seuls et donnent avec une parfaite exactitude la forme de la partie anciennement vivante.

Des chambres de forme aplatie, larges, présentant de nombreux prolongements arrondis, sont disposées en étages superposés. Deux parois calcaires d'espèce différente les séparent les unes des autres. La première est le *squelette propre* ; il forme l'enveloppe de la cavité et présente la même organisation, les mêmes fines tubulaires que la coquille des nummulites La seconde, nommée *squelette intermédiaire*, remplit de calcaire amorphe tout l'espace que les chambres ont laissé libre. Ce squelette est quelquefois d'une fort grande épaisseur. Il est sillonné de canaux de différents diamètres qui unissent les chambres les unes aux autres et traversent en se ramifiant ces parois calcaires. Toutes ces cavités étaient remplies de sarcode, qui formait ainsi une masse continue.

Tels sont les principaux traits de la structure de l'*Eozoon canadense*. Sa découverte nous prouve qu'à l'époque laurentienne, ainsi que dans les périodes suivantes, les Foraminifères ont eu dans la formation du calcaire une part importante. Son existence rejette à une période beaucoup plus ancienne qu'on ne l'avait jusqu'ici supposé, l'apparition de la vie à la surface du globe. Cet animal présente de l'analogie avec les stomatopores du terrain silurien.

De nouvelles recherches amèneront probablement la découverte de nouveaux organismes entre l'époque laurentienne et le moment où s'est développée la faune connue sous le nom de primordiale.



TABLE DES MATIÈRES

CONTENUES DANS LE TOME XXIV (NOUVELL

1865. — Nos 93 à 96.

BULLETIN SCIENTIFIQUE.

ASTRONOMIE.

ZOOLOGIE, ANATOMIE ET PALÉONTOLOGIE.

BOTANIQUE.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES
faites à Genève et au Grand St-Bernard.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A L'OBSERVATOIRE DE GENÈVE

sous la direction de

M. le Prof. E. PLANTAMOUR

PENDANT LE MOIS DE NOVEMBRE 1865.

Le 1er, halo solaire partiel très-brillant de midi à midi 30 m.
2, couronne lunaire à plusieurs reprises dans la soirée.
6, grêle à 7 h. 30 m. du matin.
10, première gelée blanche de la saison ; minimum + 0°,2.
12, gelée blanche ; le minimum descend pour la première fois au-dessous de 0.
14, brouillard depuis 2 h.
15. brouillard pendant presque toute la journée ; halo solaire de 2 h. 45 m. à 3 h.
16, brouillard pendant tout le jour.
19, brouillard le matin ; givre.
20, gelée blanche le matin ; faible halo solaire de 8 h. 30 m. à 10 h. 30 m.
21, brouillard jusqu'à midi.
25, couronne lunaire et faible halo lunaire de 5 h. à 7 h. du soir.
26, il a neigé sur le Jura, les Voirons et le Môle.
27, grêle pendant quelques minutes à 1 h, 20 m., qui a précédé la pluie ; couronne lunaire à plusieurs reprises dans la soirée.
28, vers 5 h. du soir, éclairs à l'Ouest.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.

MAXIMUM.	mm	MINIMUM.	mm
Le 2, à 10 h. matin ...	725,92	Le 3, à 2 h. après-m.	721,52
4, à 10 h. soir....	726,40	6, à 6 h. matin...	724,80
7, à 10 h. matin ...	726,72	8, à 2 h. après-m.	718,00
15, à 10 h. soir	738,53	22, à 8 h, matin ..	721,93
24, à 10 h. soir	725,40	26, à 2 1/2 h. ap.-m.	716,09
27, à 10 h. matin..	725,64	28, à 9 1/2 h. soir...	720,61

GENEVE. — NOVEMBRE 1865.

Jours du mois.	Baromètre. Hauteur moy. des 24 h.	Baromètre. Écart avec la hauteur normale.	Température C. Moyenne des 24 heures.	Température C. Ecart avec la temp. normale.	Température C. Minim.	Température C. Maxim.	Tension de la vap. Moy. des 24 h	Tension de la vap. Ecart avec la tension normale.	Fract. de saturation en millièmes. Moy. des 24 h.	Fract. de saturation en millièmes. Ecart avec la fraction norm.	Fract. de saturation en millièmes. Minimum	Fract. de saturation en millièmes. Maximum.	Pluie ou neige. Eau tomb. d. les 24 h.	Pluie ou neige. Nomb. d'h.	Vent dominant.	Clarté moy. du Ciel.	Temp. du Rhône. Midi.	Temp. du Rhône. Ecart avec temp. normale
	millim.	millim.	o		o	o	mm	mm					mm				o	
1	724,77	— 1,43	+ 7,68	+ 0,75	+ 4,9	+10,0	6.43	+0,06	815	— 34	750	900	. . .	. .	N. 1	1,00	10,7	— 1
2	725.50	— 0,71	+ 7,46	+ 0,70	+ 6,1	+ 9.3	6,18	—0,11	803	— 46	700	940	. .	.	NNE. 2	1,00	11,0	— 0
3	722,29	— 3,92	+ 7,10	+ 0,51	+ 5 0	+ 8,9	6,38	+0,16	857	+ 7	740	1000	0,7	4	NNE. 2	1,00	11.0	— 0
4	724 34	— 1,88	+ 6,13	— 0,29	+ 4,8	+ 7.6	5.45	—0.69	778	— 72	630	930	0,1	1	NNE. 2	1,00	11,6	+ 0
5	725,38	— 0,85	+ 6,26	+ 0,01	+ 5.1	+ 7,7	5,09	—0,98	723	—127	670	770	. .	. .	NNE. 2	0,99	. . .	. . .
6	725,37	— 0.87	+ 6,38	+ 0,80	+ 4,3	+ 8,5	5.78	—0,21	808	— 42	710	910	1.1	2	NNE. 1	1,00	11,4	+ 0
7	723.01	— 0,24	+ 6,96	+ 1,05	+ 5,7	+ 8,7	6,31	+0,39	845	— 5	770	950	1,3	3	NNE. 1	0,99	11,1	+ 0
8	719,30	— 6.96	+ 6,01	+ 0,27	+ 5.8	+ 7.3	5,95	+0.10	854	+ 3	790	920	5,0	7	N. 1	1,00	10,8	0
9	721,78	— 4,49	+ 5,91	+ 0,34	+ 1,6	+11.2	5.08	—0 70	749	—102	520	970	. . .	. .	SO. 1	0,17	10.6	— 0
10	724.13	— 2.15	+ 5,56	+ 0,15	+ 0,2	+ 8,0	5,05	—0,66	732	—119	650	910	. .	.	NNE. 3	0,40	10,7	+ 0
11	731,61	+ 5,31	+ 5,54	+ 0,29	+ 2,4	+ 8.4	4.00	—1.64	599	—252	490	710	. .	. .	NNE. 2	0.08	10,0	+ 0
12	733,77	+ 7,45	+ 3,39	— 1,70	— 2,1	+ 8,1	4.38	—1,20	743	—108	550	980	. . .	. .	NNE. 2	0,10	. .	. . .
13	735,46	+ 9,13	+ 2,91	— 2,02	— 0.4	+ 5.1	4,40	—1,11	794	— 57	680	910	. . .	. .	NNE. 1	0,68	10,0	— 0
14	737,54	+11,19	+ 1,73	— 3,04	— 0,8	+ 3,9	4,77	—0,67	907	+ 56	850	920	. . .	. .	variable	1.00	9,9	— 0
15	738,32	+11,95	+ 1,05	— 3,56	— 2,6	+ 5 3	4.52	—0.86	927	+ 76	800	1000	. . .	.	ESE. 1	0,79	9.9	0
16	736,71	+10,32	+ 0,31	— 4,14	— 1.6	+ 3,1	4,40	—0,92	940	+ 88	840	1000	. . .	.	ESE. 1	0.92	9,8	0
17	732.66	+ 6,25	+ 3,51	— 0,78	— 1,6	+ 6,9	5,18	—0,08	852	0	740	970	. . .	. .	variable	0.94	9 8	+ 0
18	732,41	+ 5,98	+ 7,19	+ 3,05	+ 3 7	+11,7	6.74	+1,54	884	+ 32	670	970	3,8	9	SSO. 1	0.80	10,0	+ 0

MOYENNES DU MOIS DE NOVEMBRE 1865.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h. s.
Baromètre.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade,	723.74	724,10	724,16	723,74	723,46	723,65	724,11	724,28	724,42
2e »	733,68	734,16	734,38	733,93	733,37	733,31	733,55	733,69	733,76
3e »	722,91	723,13	723,42	723,12	722,42	722,33	722,77	723,10	723,23
Mois	726,78	727,13	727,32	726,93	726,42	726,43	726,81	727,03	727,14
Température.									
	°	°	°	°	°	°	°	°	°
1re décade	+ 5,25	+ 5,83	+ 7,12	+ 7,95	+ 8,09	+ 7,77	+ 7,14	+ 6,31	+ 6,11
2e »	+ 1,23	+ 1,31	+ 3,77	+ 5,28	+ 6,20	+ 5,38	+ 4,05	+ 2,77	+ 1,96
3e »	+ 8,16	+ 8,54	+10,15	+11,03	+11,53	+10,47	+ 9,45	+ 8,73	+ 8,93
Mois	+ 4,88	+ 5,23	+ 7,01	+ 8,09	+ 8,61	+ 7,87	+ 6,88	+ 5,94	+ 5,67
Tension de la vapeur.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade,	5,64	5.74	5,98	5,83	5,89	5,71	5,78	5,92	5.72
2e »	4,62	4.61	4.99	5,18	5,14	5,16	5,13	4,95	4.76
3e »	6,26	6,27	6,61	6,97	6,82	7.03	7,02	7,10	6,54
Mois	5,51	5,54	5,86	5,99	5,95	5,97	5,98	5,99	5,67
Fraction de saturation en millièmes.									
1re décade,	850	832	795	732	735	726	761	828	810
2e »	924	909	830	776	731	770	835	884	892
3e »	797	773	746	732	704	762	803	849	785
Mois	857	838	790	747	723	753	800	854	829

	Therm. min.	Therm. max.	Clarté moyenne du Ciel.	Température du Rhône.	Eau de pluie ou de neige.	Limnimètre.
	°	°		°	mm	p.
1re décade,	+ 4,35	+ 8,72	0,85	10,99	8,2	42.95
2e »	— 0,50	+ 6,81	0,67	9,97	3,8	39 10
3e »	+ 6,06	+12,89	0,81	9,82	53,4	36,83
Mois	+ 3,30	+ 9,47	0,78	10,27	65,4	39.63

Dans ce mois, l'air a été calme 1 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 1,40 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 10°,7 E. et son intensité est égale à 20 sur 100.

TABLEAU

DES

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AU SAINT-BERNARD

pendant

LE MOIS DE NOVEMBRE 1865.

Le 5 brouillard le matin.
10 id. le soir.
18 id. depuis midi ; il a neigé pendant $2^1/_2$ h. mais la neige n'a pas pu être mesurée.
24 brouillard depuis midi.
25 et 26 brouillard tout le jour.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.

MAXIMUM.	mm	MINIMUM.	mm
Le 1, à 10 h. matin...	561,54	Le 3, à 4 h. soir....	557,64
6, à 10 h. soir	562,51	10, à 6 h. matin. .	556,74
15, à 10 h. matin .	572,33	22, à 6 h. matin .	560,71
22, à 10 h. soir	566,42	26, à 8 h, soir.. .	560,54
27, à 10 h. matin ..	562,45	28, à 4 h. soir....	559.01

SAINT-BERNARD. — NOVEMBRE 1865.

Jours du mois	Baromètre. Hauteur moy. des 24 heures.	Baromètre. Ecart avec la hauteur normale.	Baromètre. Minimum.	Baromètre. Maximum.	Température, C. Moyenne des 24 heures.	Température, C. Ecart avec la température normale.	Température, C. Minimum.¹	Température, C. Maximum.¹	Pluie ou neige. Hauteur de la neige.	Pluie ou neige. Eau tombée dans les 24 h.	Pluie ou neige. Nombre d'heures	Vent dominant.	Clarté moy. du Ciel.
	millim.	millim.	millim.	millim.	°	°	°	°	mm	mm			
1	560,95	— 2,24	560,73	561,54	— 4,13	— 0,82	— 5,0	— 2,8	80	13,0	11	variable	1,00
2	560,48	— 2,65	560,21	560,95	— 4,06	— 0,61	— 5,4	— 1,2	80	9,7	9	NE. 1	1,00
3	558,14	— 4,93	557,64	559,03	— 2,87	+ 0,72	— 5,4	+ 1,3	200	19,3	9	NE. 1	1,00
4	559,21	— 3,79	558,08	560,19	— 5,75	— 2,01	— 7,0	— 4,3	130	13,9	10	NE. 1	1,00
5	560,16	— 3,78	559,76	560,69	— 3,78	+ 0,10	— 8,6	— 0,7	......	......	......	variable	0,67
6	561,34	— 1,54	560,22	562,51	— 2,87	+ 1,15	— 4,0	— 0,6	70	18,0	5	SO. 1	1,00
7	561,95	— 0,87	561,53	562,35	— 3,84	+ 0,32	— 4,0	— 3,1	80	12,3	5	SO. 1	1,00
8	558,83	— 3,93	558,12	560,33	— 3,45	+ 0,84	— 4,0	— 2,5	150	30,0	16	SO. 2	1,00
9	557,35	— 5,25	556,79	557,67	— 7,00	— 2,57	— 9,5	— 4,6	150	14,2	10	NE. 1	0,70
10	559,06	— 3,58	556,74	561,62	— 9,31	— 4,74	—11,0	— 8,0	......	......	......	NE. 1	0,61
11	565,74	+ 3,15	563,13	567,21	— 3,85	+ 0,85	— 7,6	— 0,4	......	......	......	NE. 1	0,00
12	568,20	+ 5,67	567,40	568,76	— 1,54	+ 3,29	— 4,2	+ 2,5	......	......	......	NE. 1	0,00
13	569,92	+ 7,44	568,99	570,74	— 3,13	+ 1,83	— 4,7	— 0,6	......	......	......	SO. 1	0,01
14	571,74	+ 9,32	571,33	571,99	— 3,99	+ 1,10	— 6,1	— 1,9	......	......	......	SO. 1	0,04
15	571,75	+ 9,38	570,53	572,33	— 2,89	+ 2,33	— 4,3	+ 1,2	......	......	......	NE. 1	0,07
16	569,97	+ 7,65	569,47	570,62	— 2,98	+ 2,37	— 5,3	+ 0,9	......	......	......	NE. 1	0,17
17	567,61	+ 5,34	567,21	568,29	— 1,72	+ 3,75	— 3,1	+ 2,1	......	......	......	NE. 1	0,96
18	566,70	+ 4,48	566,10	567,32	— 4,22	+ 1,37	— 8,2	— 1,0	......	......	......	NE. 1	1,00
19	566,73	+ 4,56	566,52	567,28	— 2,03	+ 3,68	— 3,6	+ 2,2	......	......	......	NE. 1	0,06
20	564,74	+ 2,62	564,53	565,10	— 2,39	+ 3,44	— 3,3	— 0,2	......	......	......	SO. 1	0,49
21	561,86	— 0,21	560,99	562,89	— 5,32	+ 0,63	— 6,8	— 3,3	......	......	......	SO. 1	0,53
22	562,32	+ 0,29	560,71	564,00	+ 0,17	+ 6,24	— 2,1	+ 1,7	100	8,0	8	SO. 1	0,83
23	565,38	+ 3,40	564,52	566,42	+ 2,33	+ 8,51	+ 1,4	+ 4,7	......	......	......	SO. 1	0,17
24	565,87	+ 3,94	565,58	566,35	— 3,90	+ 2,39	— 4,3	— 2,8	......	......	......	SO. 1	0,59
25	563,91	+ 2,02	562,99	565,07	— 3,09	+ 3,31	— 4,0	— 1,4	......	......	......	SO. 1	1,00
26	560,89	— 0,96	560,54	561,68	— 2,23	+ 4,28	— 2,4	— 1,5	......	......	......	SO. 2	1,00
27	561,93	+ 0,12	561,50	562,45	— 3,89	+ 2,73	— 5,7	— 2,5	180	46,0	6	variable	1,00
28	559,84	— 1,93	559,01	561,35	— 6,38	+ 0,35	— 6,4	— 5,9	70	9,5	4	SO. 2	1,00
29	561,24	— 0,49	560,21	562,48	— 6,06	+ 0,77	— 7,0	— 5,0	20	3,0	4	variable	0,74
30	563,14	+ 1,45	562,66	563,50	— 5,04	+ 1,89	— 5,3	— 3,9	80	8,0	9	SO. 1	0,83

MOYENNES DU MOIS DE NOVEMBRE 1865.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s	8 h. s.	10 h.
Baromètre.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade,	559,35	559,69	559,89	559,65	559,65	559,66	559,98	560,14	560,16
2e »	567,85	568,22	568,53	568,40	568,28	568,34	568,46	568,59	568,55
3e »	562,62	562,70	562,91	562,51	562,40	562,58	562,72	562,91	562,84
Mois	563,28	563,54	563,78	563,52	563,44	563,53	563,72	563,88	563,85
Température.									
1re décade,	— 5°,27	— 5°,28	— 3°,38	— 3°,12	— 3°,54	— 4°,36	— 5°,18	— 5°,22	— 5°,16
2e »	— 4,36	— 3,98	— 2,02	— 0,01	— 0,24	— 2,92	— 3,32	— 3,32	— 3,85
3e »	— 3,17	— 3,23	— 3,00	— 2,65	— 2,85	— 3,23	— 3,45	— 3,31	— 3,34
Mois	— 4,27	— 4,16	— 2,80	— 1,93	— 2,21	— 3,50	— 3,98	— 3,95	— 4,12

	Min. observé.[1]	Max. observé.[1]	Clarté moy. du ciel.	Eau de pluie ou de neige.	Hauteur de la neige tombée.
	°	°		mm	mm
1re décade,	— 6,89	— 2,65	0,90	130,4	940
2e »	— 5,04	+ 0,48	0,28	0,0	0
3e »	— 4,26	— 1,99	0,77	74,5	450
Mois	— 5,23	— 1,39	0,65	204,9	1390

Dans ce mois, l'air a été calme 16 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 0,77 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est S. 45°O., et son intensité est égale à 12 sur 100.

[1] Voir la note du tableau.

TABLE DES AUTEUR

POUR LES

ARCHIVES DES SCIENCES PHYSIQUES ET NA

SUPPLEMENT

A LA BIBLIOTHÈQUE UNIVERSEL

ANNÉE 1865. T. XXII à XXIV (Nouv

C

D

N

O

P

Q

R

